



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PEMANFAATAN JAMUR DAN BAKTERI PADA TITONIA SEBAGAI PAGAR LORONG UNTUK MENGURANGI EROSI PADA ULTISOL YANG DITANAMI JAGUNG (*Zea mays* L)

TESIS



KIKI AMELIA
07 203 002

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
2010**

Pemanfaatan Jamur dan Bakteri pada Titonia sebagai Pagar Lorong untuk Mengurangi Erosi pada Ultisol yang Ditanami Jagung (*Zea mays* L)

Oleh : Kiki Amelia

(Di bawah Bimbingan Pror. Dr. Ir. Nurhajati Hakim dan
Prof. Dr. Ir. Hermansah, MS,MSc)

RINGKASAN

Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia didominasi oleh tanah-tanah yang mempunyai kesuburan rendah, tingkat erosi yang tinggi dan salah satu diantaranya adalah Ultisol. Oleh karena itu, pengelolaannya perlu memperhatikan kaidah konservasi tanah yaitu dengan cara budidaya lorong. Titonia (*Tithonia diversifolia*) merupakan gulma tahunan famili *Asteraceae* yang dapat tumbuh baik pada sembarang jenis tanah dan memiliki kandungan hara yang cukup tinggi. Tingginya kandungan hara titonia disebabkan adanya peranan mikroba yang hidup berasosiasi pada rhizosfir titonia. Untuk menentukan seberapa besar potensi mikroba pada rhizosfir titonia, perlu dilakukan uji efektivitas simbiotik inokulan dengan cara menginokulasikan kembali (reinokulasi) pada rhizosfir titonia.

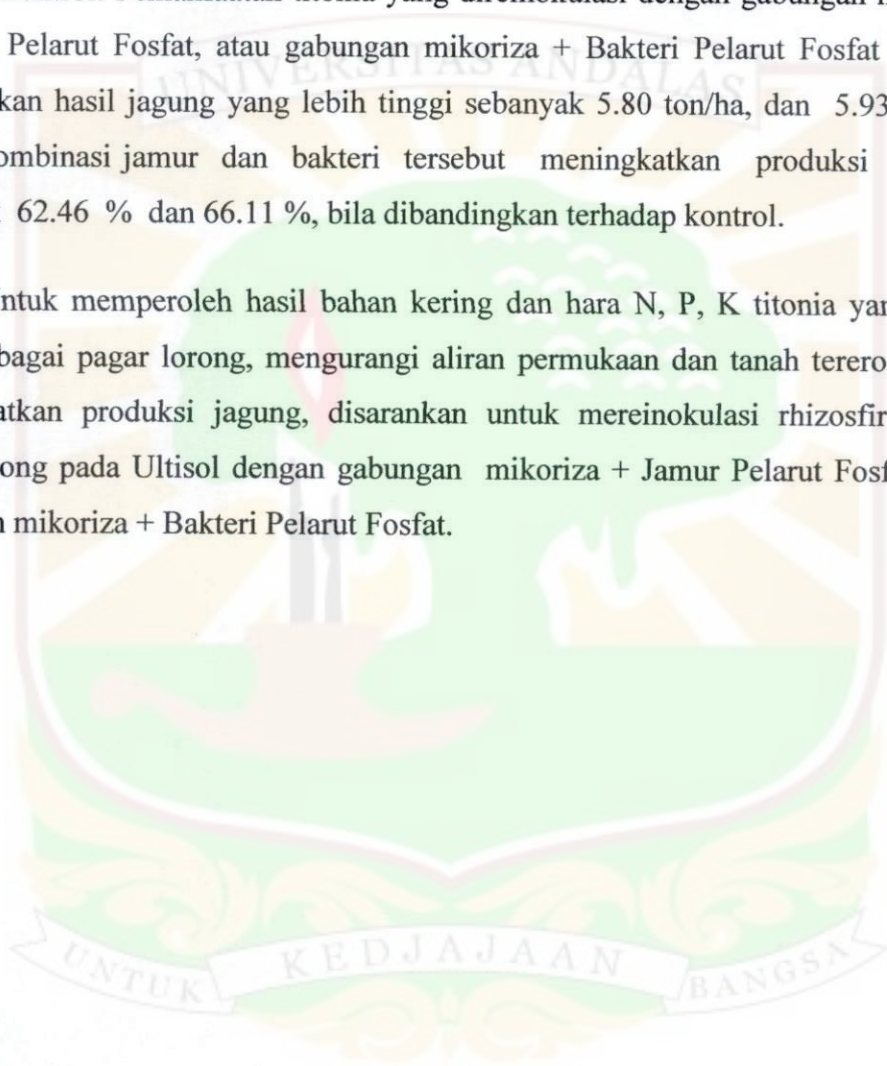
Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Limau Manis Padang. Analisis tanah dan tanaman dilaksanakan di Laboratorium P3IN Universitas Andalas Padang. Tujuan penelitian adalah : 1) untuk menemukan inokulan jamur dan bakteri yang tepat guna meningkatkan pertumbuhan dan kandungan hara titonia sebagai pagar lorong pada Ultisol di lapangan, 2) untuk mengetahui kemampuan titonia yang telah direinokulasi dengan jamur dan bakteri dalam mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi pada Ultisol di lapangan, 3) untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan titonia yang telah direinokulasi dengan jamur dan bakteri dalam meningkatkan produksi jagung pada Ultisol.

Percobaan dilakukan dalam 2 tahap, tahap pertama merupakan prapenelitian guna mencari 4 perlakuan terbaik dalam bentuk pembibitan di rumah kawat selama 2 bulan. Perlakuannya : A = Kontrol (tanah steril tanpa perlakuan), B = Mikoriza (campuran *Acaulospora* + *Glomus* + *Gigaspora*), C = Jamur Pelarut Fosfat (JPF), D = Mikoriza (campuran) + JPF, E = Mikoriza (campuran) + Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), F = Mikoriza (campuran)+ BPF + JPF, G = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum*, H= Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + *Azotobakter*, I = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + *Azotobakter* + BPF, J = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + *Azotobakter* + BPF + JPF. Tahap ke dua merupakan percobaan lapangan. Dari hasil prapenelitian di rumah kawat dipilih 4 perlakuan terbaik yang didasarkan pada pertumbuhan titonia dan ditambah 2 perlakuan kontrol, 1 tanpa mikroba dan 1 tanpa pagar lorong titonia. Adapun perlakuan di lapangan yaitu : A = Kontrol (titonia tanpa perlakuan mikroba), B = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + *Azotobakter*, C =Tanpa pagar lorong titonia, D = Mikoriza (campuran) + JPF, E = Mikoriza (campuran) + BPF, F = Mikoriza (campuran) + BPF + JPF. Percobaan menggunakan 6 perlakuan yang ditempatkan secara Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 kelompok. Hasil penelitian diuji secara statistik dengan uji F, bila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulan jamur dan bakteri yang lebih tepat guna meningkatkan pertumbuhan tinggi, bahan kering, dan kandungan hara (N, P dan K) titonia sebagai pagar lorong pada Ultisol adalah gabungan Mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat atau Mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat. Gabungan reinokulasi tersebut berturut - turut meningkatkan pertumbuhan titonia dalam bentuk tinggi tanaman sekitar 37 % dan 26 %, bahan kering sekitar 39 % dan 24 %, hasil N sekitar 245 % dan 136 %, hasil P sekitar 197 % dan 176 %, dan hasil K sekitar 159 % dan 120 %, bila dibandingkan terhadap kontrol. Titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat mempunyai kemampuan terbesar dalam mengurangi aliran permukaan sekitar 165.2 m³/ha

(73.86 %) dan tanah tererosi sebanyak 0.81 ton/ha (82.65 %). Kemudian, sedikit dibawahnya adalah gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat + Bakteri Pelarut Fosfat. Ke dua gabungan reinokulasi tersebut berturut – turut mengurangi aliran permukaan sebanyak 162.66 m³/ha (72.72 %) dan 164.67 m³/ha (73.62 %) serta mengurangi tanah tererosi sebanyak 0.80 ton/ha (81.63 %) dan 0.81 ton/ha (82.65 %), bila dibandingkan terhadap kontrol. Pemanfaatan titonia yang direinokulasi dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat mampu memberikan hasil jagung yang lebih tinggi sebanyak 5.80 ton/ha, dan 5.93 ton/ha. Kedua kombinasi jamur dan bakteri tersebut meningkatkan produksi jagung sebanyak 62.46 % dan 66.11 %, bila dibandingkan terhadap kontrol.

Untuk memperoleh hasil bahan kering dan hara N, P, K titonia yang lebih tinggi sebagai pagar lorong, mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi, serta meningkatkan produksi jagung, disarankan untuk mereinokulasi rhizosfir titonia pagar lorong pada Ultisol dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat.



*Maka Maha tinggi Allah, Raja yang sebenarnya. Dan janganlah
Engkau (Muhammad) tergesa-gesa (membaca) Al-qur'an sebelum
selesai diwahyukan kepadamu dan katakanlah "Ya Tuhanku tambahkanlah ilmu
kepadaku
(Surat Taha, 114)*

*Ucapan syukur padaMu Ya Rabb.....atas semua Rahmat dan KaruniaMu,
Kasih sayangMu, pertolonganMu, KeindahanMu dan semuanya yang membuat
hamba mampu menyelesaikan Tesis ini. Alhamdulillah.....Ya Allah.*

*Tidak ada yang dapat menggantikan ribuan kasih sayang Kau berikan padaku
MAMA dan PAPA...sehingga anakmu ini sampai pada tahap ini, entah kapan
dapat membalas jasmu. Trims.....dan gak lupa buat Kakak dan adik-adikku
tercinta serta Keponakanku "Ruela Keary Ivana". Untuk sahabat-sahabatku yang
setia Dewi Rezky dan Rina Alfina.*

*Special thank to my Luv "Hendra Wahyudi" for Your support and
for being my spirit in every my tired time*

Thanks for All of You.....KA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bukit Tinggi pada tanggal 5 Maret 1985, merupakan anak ke dua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Tasnim dan Ibu Yetti Zuita. Menamatkan Sekolah Dasar (SD) 24 kampung Taji pada tahun 1997, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri (SLTP) 1 pada tahun 2000, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 pada tahun 2003 di Lubuk sikaping, Kabupaten Pasaman. Pada tahun 2003 penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Pertanian Universitas Andalas dan menyelesaikan studi tahun 2007. Pada tahun 2007 penulis mendapat kesempatan untuk melanjutkan pendidikan di Jurusan Ilmu Tanah/ Manajemen Sumber Daya Lahan Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi Tesis yang ditulis dengan judul :

PEMANFAATAN JAMUR DAN BAKTERI PADA TITONIA SEBAGAI PAGAR LORONG UNTUK MENGURANGI EROSI PADA ULTISOL YANG DITANAMI JAGUNG (*Zea mays* L)

Adalah hasil kerja/ karya saya sendiri dan bukan merupakan jiplakan dari hasil kerja/karya orang lain, kecuali kutipan pustaka yang sumbernya dicantumkan. Jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, April 2010

Yang membuat pernyataan

Kiki Amelia
07203002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kurnia-Nya kepada kita semua. Salam dan Sholawat kepada nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah, penulis telah dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini yang berjudul **“Pemanfaatan Jamur dan Bakteri pada Titonia sebagai Pagar Lorong untuk Mengurangi Erosi pada Ultisol yang Ditanami Jagung (*Zea mays* L)”**, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian pada Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nurhajati Hakim sebagai ketua komisi pembimbing dan Bapak Prof. Dr. Ir. Hermansah, MS. MSc, sebagai anggota komisi pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan. Semoga Allah SWT memberikan imbalan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan selama ini. Amiin.

Penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna, karena itu saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tesis ini dapat dimanfaatkan dan digunakan untuk kemajuan ilmu pengetahuan dibidang pertanian, khususnya ilmu tanah.

Padang, April 2010

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 8
2.1 Titonia sebagai Sumber Bahan Organik dan Pagar lorong	8
2.2 Masalah Ultisol dan Pemanfaatannya.....	12
2.3 Budidaya Lorong sebagai Pengendali Erosi.....	16
2.4 Aktivitas Jamur Tanah yang Menguntungkan pada Rhizosfir.....	23
2.5 Aktivitas Bakteri Tanah yang Menguntungkan pada Rhizosfir.....	33
2.6 Jagung dan Syarat Tumbuhnya.....	36
 III. BAHAN DAN METODA	 40
3.1 Tempat dan Waktu	40
3.2 Bahan dan Alat	40
3.3 Rancangan Percobaan Penelitian.....	41
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	42

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Pertumbuhan Titonia sebagai Pagar Lorong.....	55
4.2 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Bahan Kering Titonia sebagai Pagar Lorong.....	60
4.3 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Jumlah Hara Titonia sebagai Pagar Lorong.....	65
4.4 Curah Hujan.....	76
4.5 Penutupan Tanah oleh Vegetasi.....	77
4.6 BV Tanah.....	80
4.7 Jumlah Aliran Permukaan dan Tanah Tererosi.....	82
4.8 Jumlah N-total, P-tersedia, K-dd, Ca-dd dan Mg Tanah Tererosi	88
4.9 Analisa Tanah Awal dan Setelah Inkubasi Kompos Titonia dan Kedelai.....	92
4.10 Hasil Pipilan dan Bobot Kering Jerami Jagung.....	103
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1 Kehilangan tanah dan hara tanaman melalui erosi yang ditanami tiga jenis tanaman.....	18
2. Efektivitas pengendalian erosi dalam budidaya lorong di Indonesia, Philipina dan Peru.....	20
3. Laju infiltrasi, kandungan bahan organik, berat jenis isi, kadar air lapang, kadar air maksimum, struktur remah dan stabilitas agregat.....	22
4. Hasil pengukuran tinggi titonia yang dipengaruhi reinokulasi dengan beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan	58
5. Hasil bahan kering titonia yang dipengaruhi reinokulasi dengan beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.....	61
6. Hasil hara N titonia yang dipengaruhi reinokulasi beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.....	66
7. Hasil hara P titonia yang dipengaruhi reinokulasi beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan	69
8. Hasil hara K titonia yang dipengaruhi reinokulasi beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.....	73
9. Jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan selama penelitian 1 April – 31 Juli 2009 di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas.....	76
10. Pengamatan berat volume tanah selama 4 bulan akibat pengaruh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong	80
11. Jumlah aliran permukaan pada Ultisol Limau Manis selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri	82
12. Jumlah tanah tererosi pada Ultisol Limau Manis selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar	

lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri	83
13. Jumlah N-total, P tersedia, K, Ca dan Mg dalam tanah tererosi selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri.....	89
14. Hasil analisis pH dan Al-dd tanah awal dan setelah diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai selama 1 minggu.....	93
15. Hasil analisis kandungan C-organik dan N total tanah awal dan setelah inkubasi 1 minggu dengan kompos titonia dan jerami kedelai.....	95
16. Hasil analisis K-dd dan P-tersedia tanah awal dan setelah inkubasi dengan kompos titonia dan kedelai.....	98
17. Hasil analisis Ca dan Mg tanah awal dan setelah diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai.....	100
18. Hasil bobot pipilan kering jagung yang dipengaruhi pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan berbagai perlakuan jamur dan bakteri.....	103
19. Bobot kering jerami jagung yang dipengaruhi pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan berbagai perlakuan jamur dan bakteri.....	104
20. Matrik seluruh parameter yang diamati.....	111



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Filogeni perkembangan dan taksonomi ordo Glomales.....	26
2. Penampang longitudinal akar yang terinfeksi mikoriza.....	27
3. Zona kelarutan fosfat oleh jamur yang berbeda.....	31
4. Efisiensi kelarutan fosfat oleh jamur.....	32
5. Tahapan perbanyakan isolat JPF.....	44
6. Tahapan perbanyakan isolat pada media <i>Nutrient Broth</i>	46
7. Pertumbuhan titonia sebagai pagar lorong yang dipengaruhi reinokulasi jamur dan bakteri.....	56
8. Pertumbuhan cabang titonia sebagai pagar lorong yang dipengaruhi reinokulasi jamur dan bakteri.....	57
9. Penutupan tanah oleh jagung pada Ultisol yang diberi titonia sebagai pagar lorong.....	79
10. Tongkol jagung yang dipengaruhi oleh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan reinokulasi jamur dan bakteri.....	106

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Jadwal Kegiatan Penelitian	124
2. Deskripsi Tanaman Jagung Bisi 2.....	125
3. Alat dan bahan yang di gunakan di lapangan.....	126
4. Alat dan Bahan yang di gunakan di laboratorium.....	128
5. Takaran Pemberian Perlakuan.....	130
6. Denah penempatan petak percobaan di lapangan.....	131
7. Petak percobaan erosi.....	132
8. Prosedur analisi tanah di laboratorium.....	133
9. Metoda dan prosedur analisis hara Titonia.....	139
10. Rata-rata % kadar hara titonia.....	142
11. Jumlah hari hujan dan curah hujan selama penelitian dari 1 April 2009 – 31 Juli 2009 di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.....	143
12. Data aliran permukaan dan tanah tererosi per kejadian hujan.....	144
13. Kriteria sifat fisika dan kimia tanah.....	147
14. Tabel sidik ragam.....	148

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan tanaman. Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia yang telah dimanfaatkan dan bisa dikembangkan mempunyai kesuburan dan produktivitas rendah, seperti hal Ultisol.

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.8 juta ha atau sekitar 25 % dari total luas daratan Indonesia (Subagyo *et al.* 2004). Kesuburan alami Ultisol umumnya rendah, karena horizon A yang tipis dengan kandungan bahan organik yang rendah. Unsur hara makro seperti fosfor (P) dan kalium (K) yang rendah, reaksi tanah masam hingga sangat masam, serta kejenuhan aluminium (Al) yang tinggi merupakan sifat-sifat Ultisol yang sering menghambat pertumbuhan tanaman. Kendala lain Ultisol adalah sifat fisik yang jelek seperti stabilitas dan agregasi struktur tanah yang kurang mantap akibat kadar bahan organik yang rendah (1,34 – 3,9 %), sehingga peka terhadap erosi (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Ultisol pada umumnya diusahakan untuk pertanian lahan kering tanaman semusim, yang pengusahaannya tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah. Hal ini menimbulkan tanah menjadi bermasalah baik fisik maupun kimia. Dari segi sifat fisik ditemui rendahnya kapasitas infiltrasi pada tanah yang disebabkan oleh pemanfaatan tanah yang intensif dan tidak sesuai dengan kemampuannya, dan

akhirnya tanah mengalami degradasi. Degradasi tanah berakibat lanjut terhadap produktifitas tanah, dimana tumbukan butir hujan lebih mudah mengikis permukaan tanah. Hal itu menyebabkan terkikisnya lapisan tanah bagian atas atau top soil yang umumnya dikenal dengan erosi (Sarief, 1985).

Ultisol memiliki tingkat erosi yang sangat tinggi terutama bila dijadikan sebagai lahan pertanian intensif. Hakim dan Agustian (2004) melaporkan bahwa tingkat erosi pada Ultisol mencapai 0,5 – 1 ton/ha. Hal ini sangat membahayakan apabila diusahakan sebagai lahan pertanian intensif seperti untuk tanaman pangan. Namun, pengelolaan yang baik dapat menjadikan tanah ini lebih produktif dan dapat memperkecil tingkat erosi.

Pemanfaatan vegetasi sebagai penahan erosi salah satunya dapat dilakukan dengan cara budidaya lorong. Biasanya tanaman pagar lorong yang sering digunakan untuk pencegahan erosi adalah famili *Leguminceae* atau tanaman legum (Arsyad, 1971). Akan tetapi, menurut Hakim dan Agustian (2004) tanaman legum sebagai pagar lorong tidak sukses tumbuh pada tanah miskin hara. Oleh karena itu, perlu dicari jenis tanaman yang dapat tumbuh baik pada tanah miskin.

Titonia (*Tithonia diversifolia*) merupakan gulma tahunan famili *Asteraceae* yang dapat tumbuh baik pada sembarang jenis tanah. Titonia atau Bunga Matahari Mexico berasal dari Mexico, dan sekarang telah tersebar secara luas di daerah tropis basah hingga daerah subtropis basah pada kawasan Amerika Tengah, Amerika Selatan, Asia dan Afrika. Gulma ini, mempunyai akar tunggang, batang lembut

dengan anatomi menyerupai legum, sehingga mudah lapuk, dan bercabang sangat banyak. *Titonia* sangat mudah tumbuh setelah dipangkas, dan jika tidak dipangkas dapat bertunas banyak, menghasilkan biomassa segar sekitar $3,28 \text{ kg/m}^2$ atau sekitar $0,5 \text{ kg/m}^2$ kering. Kadar hara 2,1 – 3,92 % N; 0,33 – 0,56 % P; 1,64 – 2,82 % K; 0,24 – 1,8 % Ca; dan 0,28 – 0,87 % Mg, dengan C/N sekitar 20 dan lignin sekitar 10 %, sehingga layak dijadikan pupuk hijau (Hakim dan Agustian, 2005).

Pemanfaatan *titonia* sebagai pupuk hijau dalam meningkatkan ketersediaan hara tanaman telah banyak diteliti. Salah satunya untuk tanaman jagung. Tanaman jagung termasuk tanaman pangan yang cukup penting di Indonesia. Pada tahun 2006 menurut Menteri Pertanian produksi jagung turun menjadi 11,61 juta ton, sedangkan pada tahun 2007 meningkat menjadi 13,28 juta ton (Egi, 2005). Namun, dengan produksi sebesar itu ternyata Indonesia masih harus mengimport jagung untuk memenuhi kebutuhannya. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas tanaman jagung masih berpeluang cukup besar, terutama melalui perbaikan kesuburan tanah.

Takaran pupuk yang dianjurkan untuk memperoleh hasil jagung sebanyak 6,4 ton/ha adalah 300 – 350 kg urea/ha, 100 kg SP36/ha dan 100 kg KCl/ha (Ditjen. Hortikultura, 1996). Hal itu menunjukkan bahwa tanaman jagung membutuhkan pupuk yang banyak untuk mendapatkan produksi yang tinggi. Akan tetapi, harga pupuk buatan semakin mahal dan bahkan mulai langka di pasar. Oleh karena itu, penggunaan pupuk buatan harus dikurangi tanpa menurunkan produksi, misalnya dengan bahan organik. Hakim *et al.* (2007) melaporkan bahwa kebutuhan NK pupuk

buatan tanaman jagung pada Ultisol dapat dikurangi sebanyak 50 % dengan NK dari titonia. Pengurangan pupuk buatan dengan titonia tersebut menghasilkan pipilan kering jagung sebanyak 5,2 ton/ha, sedangkan yang dipupuk dengan 100 % pupuk buatan sebanyak 5,1 ton/ha. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, tampaknya titonia berpotensi sebagai sumber bahan organik serta N dan K untuk tanaman jagung.

Hakim dan Agustian (2003) mengemukakan bahwa pertumbuhan tajuk titonia sangat rapat sedangkan akarnya dalam dan banyak, menyebabkan titonia dapat dijadikan tanaman pagar lorong yang dapat dipangkas secara periodik sebagai penghasil bahan organik dan unsur hara secara berkelanjutan *in situ*. Oleh karena itu, titonia layak dibudidayakan sebagai pagar lorong di pinggir kebun yang sedang diusahakan. Sifat titonia ini juga memungkinkan titonia bisa menahan besarnya laju erosi pada lahan yang berlereng. Titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi tanah tererosi secara nyata sebesar 9,42 ton/ha (85 %) dan mengurangi aliran permukaan sebesar 275,168 m³/ha (45 %) bila dibandingkan tanpa pagar lorong (Hakim dan Agustian, 2005).

Tingginya kandungan hara titonia sebagai tanaman yang dapat tumbuh baik pada tanah marginal disebabkan oleh adanya peranan mikroba yang hidup berasosiasi pada rhizosfir titonia. Menurut Supriyadi (2003) pada akar titonia terjadi infeksi jamur mikoriza (35-40%) dari kelompok *Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae* (VAM), infeksi VAM pada akar meningkatkan luas permukaan akar dan penyerapan unsur hara khususnya P. Selain itu, tanah di bawah tegakan titonia mempunyai kesuburan biologi yang lebih baik. Jika titonia ini direinokulasikan dengan

menggunakan jamur dan bakteri (mikroba) yang diisolasi dari rhizosfir titonia, apakah kadar hara, dan biomasnya dapat ditingkatkan, dan bila dijadikan pagar lorong apakah titonia tersebut akan mampu memperkecil erosi daripada tanpa reinokulasi mikroba, masih perlu diteliti.

Untuk menentukan seberapa besar potensi mikroba pada rhizosfir titonia ini, perlu dilakukan uji efektivitas simbiotik inokulan yang diperoleh dengan menginokulasikan kembali (reinokulasi) pada rhizosfir titonia. Reinokulasi ini penting dilakukan karena diharapkan tingkat keberhasilannya dapat lebih tinggi karena dimanfaatkan pada habitat alamnya. Proses isolasi mikroba dari rhizosfir titonia sudah dilakukan. Dari isolasi tersebut sudah didapatkan 3 isolat spora Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) yaitu *Glomus*, *Gigaspora* dan *Acauluspora*, 3 isolat jamur pelarut fosfat, 3 isolat *Azotobacter*, 2 isolat *Azospirillum*, 4 isolat bakteri pelarut fosfat, dan 3 isolat bakteri penghasil fitohormon (Hakim *et al.*, 2007).

Dari reinokulasi sejumlah bakteri pada rhizosfir titonia yang ditanam pada Ultisol dalam pot dapat meningkatkan hasil N dan K secara nyata sebesar 0,16 – 0,32 g/pot dan 0,15 – 0,35 g/pot, sedangkan hasil bahan kering meningkat sebesar 1,12 – 5,00 g/pot bila dibandingkan dengan kontrol (Hakim *et al.*, 2008). Apakah hal yang sama akan ditemukan bila reinokulasi mikroba tersebut pada titonia dibudidayakan di lapangan. Dengan meningkatnya biomassa titonia, apakah mungkin dapat mengurangi erosi lebih besar daripada tanpa reinokulasi. Semua pertanyaan tersebut akan dicari jawabannya melalui penelitian.

1.2 Perumusan Masalah

Dari berbagai uraian yang telah dikemukakan, masalahnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah reinokulasi jamur dan bakteri pada rhizosfir titonia akan dapat meningkatkan pertumbuhan dan kandungan hara titonia pada Ultisol di lapangan.
2. Seberapa besarkah kemampuan titonia yang telah direinokulasi jamur dan bakteri pada rhizosfir titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi erosi pada Ultisol di lapangan yang ditanami jagung.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menemukan inokulan jamur dan bakteri yang tepat guna meningkatkan pertumbuhan dan kandungan hara titonia sebagai pagar lorong pada Ultisol di lapangan.
2. Untuk mengetahui kemampuan titonia yang telah direinokulasi dengan jamur dan bakteri dalam mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi pada Ultisol di lapangan.
3. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan titonia yang telah direinokulasi dengan jamur dan bakteri dalam meningkatkan produksi jagung pada Ultisol.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Inokulan jamur dan bakteri akan dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan kandungan hara titonia yang dibudidayakan sebagai pagar lorong untuk menghasilkan bahan organik dan unsur hara serta pengendali erosi pada Ultisol.
2. Budidaya lorong titonia dengan inokulan jamur dan bakteri akan dapat mendukung sistem pertanian berkelanjutan pada Ultisol.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Titonia* sebagai Sumber Bahan Organik dan Pagar Lorong

Titonia (*Tithonia diversifolia*) termasuk tanaman perdu berdaun agak lebar dari klas Dicotyledon, famili Asteraceae. Di pulau Jawa dikenal dengan nama Paitan, Cerobo, atau Markiyah (Backer dan Van Der Brink, 1965 *cit* Supriyadi, 2003) atau ada yang menyebut bunga matahari dari Meksiko (*Mexican sunflower*) yang mempunyai banyak kegunaan, contohnya; sebagai makanan ternak, pupuk hijau, insektisida, tanaman untuk budidaya lebah dan hiasan (Rios, 1999 *cit* Olivares, 2003). Tanaman ini tumbuh pada lahan-lahan terbuka, tumbuh liar sebagai tanaman pagar di daerah beriklim tropis basah di Afrika, Amerika Tengah dan Selatan, serta Asia; tersebar luas pada daerah dengan ketinggian > 200 m dari permukaan laut (Jama *et al.*, 2000).

Titonia merupakan tanaman perdu berbatang tegak, bercabang banyak, rantingnya bulat tidak berambut, daun berhadapan berbentuk sirip bergerigi kasar, pangkal batang berangsur menyempit sepanjang tangkai daun. Rata-rata produksi biomassa kering dari tajuk *titonia* pada umur 5 - 8 bulan adalah sekitar 26 ton/ha. Rata-rata kandungan unsur hara tajuk *titonia* adalah 3,5 % N, 0,8 % P, 3,1 % K, 9 % lignin, 2,9 % polifenol, dan C/P rasio kurang dari 200 (Jama *et al.*, 1999; Rudy, 1999 *cit* Supriyadi, 2003).

Penambahan titonia dapat meningkatkan P-tersedia tanah. Penambahan 5,5 ton/ha bahan kering titonia atau setara 15 kg P/ha, dapat meningkatkan P-tanah setelah 2 - 16 minggu inkubasi. Hasil penelitian ini memberikan kesimpulan awal bahwa titonia memadai sebagai unsur hara, khususnya P (Buresh dan Smithson, 1997 *cit* Supriyadi, 2003). Hasil penelitian di Kenya (ICRAF, 1997 *cit* Supriyadi, 2003) menunjukkan bahwa titonia merupakan alternatif sumber bahan organik. Penggunaan tajuk dan daun titonia sebagai bahan organik pada tanah yang kekurangan P, meningkatkan produksi tanaman jagung 70 % lebih tinggi dibanding produksi tanaman jagung yang dipupuk dengan pupuk P-anorganik (TSP).

Dari hasil percobaan pot penelitian Hibah Bersaing tahun I Nurhajati Hakim dan Agustian (2003) melaporkan bahwa titonia sebagai sumber bahan organik, serta sumber N dan K dapat mengurangi penggunaan pupuk buatan untuk jahe hingga 50 %. Dengan demikian substitusi pupuk buatan N dan K dengan N dan K dari titonia akan dapat mengurangi biaya pemupukan cabai dan jahe bagi petani. Hayati *et al.*, (2003) melaporkan pula bahwa titonia dapat menggantikan kebutuhan N dan K pupuk buatan bagi tanaman melon hingga 100 %, jika titonia sudah dikeringkan terlebih dahulu. Mereka menjelaskan bahwa peningkatan takaran titonia kering dari 20 g/pot hingga 1000 g/pot atau peningkatan substitusi NK dengan titonia dari 20 % sampai 100 % berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot segar buah melon, dari 1.05 kg/pot (100 % NK pupuk buatan) menjadi 2.25 kg/pot (100 NK titonia).

Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan pH tanah. Karena bahan organik meningkatkan aktivitas mikroba aerob di dalam tanah, sehingga kondisi tanah menjadi reduktif dan dihasilkan banyak ion OH^- dalam larutan tanah. Ion OH^- juga dihasilkan pada pembentukan kompleks organik antara Al-hidroksida dengan asam-asam organik (Findenegg 1996 *cit* Supriyadi, 2003). Pembentukan kompleks organik ini berpengaruh terhadap kapasitas jerapan P tanah, terutama pada tanah yang didominasi oleh mineral liat allofan dan kaolinit (Supriyadi, 2003).

Di Kenya, titonia yang ditanam sebagai pagar pembatas kebun selebar 1 m dapat menghasilkan bahan organik kering sekitar $1 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$ (Lauriks, Wulf, Carter dan Niang, 1999), dan bila 1/3 lahan ditanami titonia akan diperoleh bahan organik kering sekitar 2 – 5 ton/ha/tahun (Sanchez dan Jama, 2000). Hakim dan Agustian (2004) melaporkan bahwa hasil bahan organik kering titonia di Sumatera Barat sedikit lebih besar daripada di Kenya Afrika. Mereka menjelaskan bahwa perbedaan tersebut mungkin karena curah hujan di Sumatera Barat jauh lebih tinggi daripada di Kenya Afrika, sehingga air tersedia sepanjang tahun untuk pertumbuhan titonia.

Hakim dan Agustian (2005) melaporkan bahwa substitusi N dan K pupuk buatan dari titonia untuk menghasilkan produksi optimal tanaman pangan sekitar 25 – 50 %. Oleh karena itu, titonia cukup layak untuk dibudidayakan sebagai penghasil bahan organik *in situ*.

Hasil penelitian Hakim dan Agustian (2004), menunjukkan bahwa dari sudut pola baris tanam, pola I yaitu baris tanam selebar 1 m berjarak 5 m sebagai pagar lorong ($20 \text{ baris/ha} = 2000/\text{m}^2/\text{ha}$) memberikan hasil biomas tertinggi, tetapi tidak berbeda nyata dengan pola II yaitu baris tanam selebar 1 m sebagai pagar kebun $10 \text{ mx}10 \text{ m}$ ($20 \text{ baris/ha} = 1900/\text{m}^2/\text{ha}$). Akan tetapi, hasil N dan K lebih tinggi pada pola II. Ditinjau dari segi umur pemangkasan, tampaknya pemangkasan pada umur 2 bulan menghasilkan biomas tertinggi, demikian pula hasil hara N dan K. Dari pola baris tanam dan umur pangkas 2 bulan tersebut dapat dihasilkan sebanyak 79.867 kg N dan 81.70 kg K/ha selama 4 bulan.

Berdasarkan data tersebut, maka dapat diperkirakan hasil titonia kering dalam 1 tahun sekitar 6.8 ton/ha, dengan hasil unsur hara tanaman sekitar 150 kg N dan 150 kg K/ha pupuk yang diberikan pada awal hanya 20 kg N dan 20 kg K, berarti sekitar 13 % dari yang mungkin dihasilkan dalam 1 tahun (Nurhajati Hakim dan Agustian, 2004). Berdasarkan hasil biomas serta hasil hara N dan K tersebut mereka merekomendasikan budidaya titonia menggunakan pola I (sebagai pagar lorong berjarak 5 m) atau pola II (pagar kebun $10 \text{ mx}10 \text{ m}$) dengan umur pangkas setiap 2 bulan.

Tingginya kandungan hara titonia, disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme yang hidup pada akar titonia. Pada perakaran titonia ditemukan adanya mikoriza (Supriyadi 2003; Marlina, 2004; Hakim dan Agustian, 2005),

bakteri pelarut fosfat (Supriyadi 2003; Maryanti, 2006), bakteri penghasil fitohormon (Nuryani, 2006) dan azotobakter yang mampu meningkatkan serapan N pada titonia (Syafei, 2007).

2.2 Masalah Ultisol dan Pemanfaatannya

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004). Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha). Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung. Ultisol dapat berkembang dari berbagai bahan induk, dari yang bersifat masam hingga basa. Namun sebagian besar bahan induk tanah ini adalah batuan sedimen masam (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Ultisol umumnya mempunyai nilai kejenuhan basa $< 35\%$, karena batas ini merupakan salah satu syarat untuk klasifikasi Ultisol menurut *Soil Taxonomy*. Beberapa jenis Ultisol mempunyai kapasitas tukar kation < 16 cmol/kg liat, yaitu Ultisol yang mempunyai horizon kandik. Reaksi Ultisol pada umumnya masam hingga sangat masam (pH 5 – 3.10), kecuali Ultisol dari batu gamping yang mempunyai reaksi netral hingga agak masam (pH 6.80 – 6.50). Kapasitas tukar kation pada Ultisol dari granit, sedimen, dan tufa tergolong rendah masing-masing berkisar antara 2.90 – 7.50 cmol/kg, 6.11 – 13.68 cmol/kg, dan 6.10 – 6.80 cmol/kg,

sedangkan yang dari bahan vulkan andesitik dan batu gamping tergolong tinggi (>17 cmol/kg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa Ultisol dari bahan vulkan, tufa berkapur, dan batu gamping mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi (Prasetyo *et al.* 2000; Prasetyo *et al.*, 2005).

Nilai kejenuhan Al yang tinggi terdapat pada Ultisol dari bahan sedimen dan granit (> 60 %), dan nilai yang rendah pada Ultisol dari bahan vulkan andesitik dan gamping (0 %). Ultisol dari bahan tufa mempunyai kejenuhan Al yang rendah pada lapisan atas (5 – 8 %), tetapi tinggi pada lapisan bawah (37 – 78 %). Tampaknya kejenuhan Al pada Ultisol berhubungan erat dengan pH tanah (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Kandungan hara pada Ultisol umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif, sedangkan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Pada Ultisol yang mempunyai horizon kandik, kesuburan alamnya hanya bergantung pada bahan organik di lapisan atas. Dominasi kaolinit pada tanah ini tidak memberi kontribusi pada kapasitas tukar kation tanah, sehingga kapasitas tukar kation hanya bergantung pada kandungan bahan organik dan fraksi liat. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas Ultisol dapat dilakukan melalui perbaikan tanah (*ameliorasi*), pemupukan, dan pemberian bahan organik. Peningkatan fraksi liat yang membentuk horizon argilik pada Ultisol cukup merugikan karena horizon ini akan menghalangi aliran air secara vertikal, sebaliknya aliran horizontal meningkat sehingga

memperbesar daya erosivitas. Pembentukan horizon argilik merupakan proses alami yang sulit dicegah, namun erosi yang terjadi dapat dihindari atau dikurangi dampaknya (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006) ditinjau dari luasnya, Ultisol mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering. Namun demikian, pemanfaatan tanah ini menghadapi kendala karakteristik tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan bila tidak dikelola dengan baik. Untuk mengatasi kendala tersebut dapat diterapkan teknologi pengapuran, pemupukan P dan K, dan pemberian bahan organik. Penerapan teknologi tersebut dapat meningkatkan hasil tanaman jagung.

Pengelolaan bahan organik dengan penanaman *Mucuna* sp. selama 3 bulan dan pengembalian serasah + pupuk kandang 10 t/ha pada guludan dapat meningkatkan pori tanah, dan pori air tersedia, serta menurunkan kepadatan tanah Ultisol (Erfandi *et al.*, 2001). Pada Ultisol dari Sitiung, pemberian bahan organik berupa kotoran sapi, jerami, dan *Flemingia congesta* dapat meningkatkan kandungan bahan organik dan kapasitas tukar kation serta menghalangi serapan P dan Mg dalam tanah (Nursyamsi *et al.*, 1997). Pengelolaan tanah dan bahan organik berupa sisa tanaman jagung, *F. congesta*, dan *Mucuna* sp. sebagai mulsa sangat efektif mencegah erosi serta mengurangi konsentrasi sedimen dan aliran permukaan (Kurnia *et al.*, 2000).

Suriadikarta *et al.* (1986) *cit* Prasetyo dan Suriadikarta (2006) melaporkan hasil jagung pada Ultisol yang diperlukan secara berurutan adalah tanpa pemupukan dan pengapuran hasil jagung 0 ton/ha; dengan pemupukan P (40 kg P/ha) 2.1 ton/ha; Pemupukan P + bahan organik (4.80 ton pupuk kandang/ha) 2.5 ton/ha; pemupukan P + kapur + bahan organik 3.6 ton/ha.

Hakim (1982 *cit* Hakim, 2006) melaporkan bahwa tanaman jagung yang ditanam di Ultisol bahwa pertumbuhan akar menjadi sangat baik setelah keracunan Al dielemir dengan pemberian kapur, pupuk P, dan pupuk hijau. Akar tumbuh lebat, penuh dengan bulu-bulu akar, dan panjangnya lebih dari 40 cm. Tanaman tersebut tumbuh pada kejenuhan Al < 1 % dengan kandungan Al-dd < 0.3 me/100 g tanah. Selanjutnya Hakim dan Agustian (2005) menyatakan teknologi pengapuran terpadu (kapur, pupuk buatan, bahan organik atau pupuk hijau yang sekaligus sebagai pagar lorong) cukup menjanjikan bagi usaha pertanian berkelanjutan pada tanah Ultisol.

Upaya lain untuk meningkatkan produktivitas Ultisol dapat dilakukan dengan pemanfaatan bioteknologi. Seperti yang dilaporkan Wedhastri (2002) dalam penelitiannya pada beberapa tanah masam berhasil menemukan beberapa isolat *Azotobacter* yang berpotensi sebagai penambat N dan penghasil faktor tumbuh pada tanah masam. Mujib, Setyati dan Trimurti (2003) dari penelitiannya terbukti bahwa perlakuan bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah masam. Kemudian Hindersah dan Simarmata (2004), menjelaskan dengan menginokulasi *Azotobacter* pada pembibitan tanaman sayuran, terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan perakaran serta tajuk tanaman.

2.3 Budidaya Lorong sebagai Pengendali Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami berupa air atau angin (Arsyad, 2000). Berdasarkan proses terjadinya erosi dibedakan atas dua bagian yaitu erosi normal dan erosi dipercepat. Erosi normal adalah erosi yang dipengaruhi oleh sifat khas alam dari permukaan dan faktor kelilingnya, dimana pembentukan tanah lebih besar daripada pemindahannya. Sedangkan erosi dipercepat yaitu erosi diluar erosi normal, yang pemindahan tanah lebih besar daripada pembentukannya dan dipengaruhi oleh faktor kegiatan manusia (Bermanakusumah, 1978).

Daerah yang mempunyai iklim tropis basah seperti Indonesia, faktor iklim yang menyebabkan terjadinya erosi adalah curah hujan. Besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan. Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada masa tertentu yang dapat dimaksudkan untuk satu kali hujan atau untuk masa tertentu seperti per hari, per bulan, atau per tahun. Sedangkan intensitas hujan menyatakan besarnya curah hujan dalam waktu yang singkat yang dinyatakan dalam mm/jam atau cm/jam. Distribusi hujan akan menentukan sampai batas tertentu apakah suatu hujan tahunan akan menyebabkan ancaman erosi yang hebat atau tidak (Arsyad, 2000).

Faktor topografi yang mempengaruhi aliran permukaan dan erosi adalah kemiringan dan panjang lereng. Kemiringan lereng yang besar akan mempercepat aliran permukaan. Semakin tinggi kecepatan aliran permukaan, energi angkut air terhadap erosi semakin besar. Apabila panjang lereng bertambah dua kali, maka besarnya erosi bertambah menjadi dua kali lebih banyak (Bermanakusumah, 1978).

Suatu kejadian hujan yang jatuh pada sebidang tanah dengan sifat-sifat yang sama, tetapi yang satu terbuka dan yang lain tertutup tanaman, akan menimbulkan erosi yang berbeda. Jika diperhatikan, erosi yang terjadi pada tanah yang terbuka jauh lebih besar daripada tanah yang tertutup tanaman (Seta, 1987). Vegetasi mempengaruhi erosi karena melindungi tanah terhadap kerusakan oleh butir-butir hujan. Pada dasarnya vegetasi mampu mempengaruhi erosi karena adanya 1) intersepsi air hujan oleh tajuk dan absorpsi energi air hujan, sehingga memperkecil erosivitasnya; 2) pengaruh terhadap aliran permukaan; 3) peningkatan aktivitas biologi dalam tanah; dan 4) peningkatan kecepatan kehilangan air karena transpirasi (Rahim, 2000).

Tipe tanah yang berbeda mempunyai kepekaan yang berbeda-beda terhadap erosi. Kepekaan erosi tanah adalah mudah atau tidaknya tanah tersebut tererosi merupakan fungsi berbagai interaksi dari sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Sifat-sifat fisiknya yaitu a) sifat-sifat tanah yang mempengaruhi laju infiltrasi, permeabilitas dan kapasitas menahan air, b) sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan pengikisan oleh butir hujan yang jatuh serta aliran permukaan (Arsyad, 2000).

Erosi tanah menyebabkan terkikisnya lapisan tanah atas yang merupakan media tumbuh tanaman. Dengan hilangnya lapisan atas, maka akan terjadi kehilangan unsur hara yang merupakan nutrisi tanaman yang tumbuh di tanah tersebut. Besarnya kehilangan tanah dan unsur hara akibat erosi yang ditanami tiga jenis tanaman berbeda telah diteliti Carson dan Utomo (1989 *cit* Rahim 2000) disajikan pada Tabel 1. Mereka menyatakan bahwa erosi di bawah tanaman jagung jauh lebih kecil daripada ubi kayu dan kentang.

Terjadinya erosi pada lahan terbuka yang diikuti oleh hilangnya bahan organik dan pemadatan tanah menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas infiltrasi tanah. Selanjutnya air hujan akan mudah terakumulasi di permukaan membentuk limpasan permukaan (*run off*) dan hanya sedikit air yang masuk ke dalam tanah (Rahim, 2000).

Tabel 1. Kehilangan tanah dan hara tanaman melalui erosi yang ditanami tiga jenis tanaman *

Kehilangan	Jagung	Ubi Kayu	Kentang
Tanah (ton/ ha/tahun)	4	16	80
Bahan Organik (kg/ha/tahun)	150	600	3000
N (kg/ha/tahun)	7,5	30	150
P (kg/ha/tahun)	5	20	100
K (kg/ha/tahun)	10	40	200

*) Sumber : Carson dan Utomo (1989 *cit* Rahim 2000)

Banyak teknologi yang dianjurkan untuk menekan erosi tanah, seperti pembuatan teras dan galengan. Akan tetapi, petani pada umumnya tidak memiliki cukup biaya untuk pembuatan teras. Oleh karena itu, belakangan ini telah dianjurkan sistem usahatani konservasi, salah satunya adalah budidaya lorong. Budidaya lorong adalah suatu sistem di mana tanaman pangan ditanam pada lorong di antara barisan tanaman pagar, yang umumnya berupa famili kacang-kacangan (Haryati, 2002). Tanaman pagar berfungsi sebagai penahan erosi dan penghasil bahan organik yang dapat meningkatkan produktivitas lahan (Institut Pertanian Bogor, 1987).

Alegre dan Rao (1995 *cit* Haryati, 2002) menunjukkan bahwa budi daya lorong menahan kehilangan tanah 93 % dan air 83 % dibandingkan dengan pertanaman tunggal semusin. Efektivitas pengendalian erosi ini selain karena hal yang telah disebutkan diatas juga karena terbentuknya teras secara alami dan perlahan-lahan setinggi 25 - 30 cm pada dasar tanaman pagar. Lebih lanjut Alegre dan Rao (1995 *cit* Haryati, 2002) juga mengemukakan bahwa rendahnya erosi disebabkan oleh hasil pangkasan yang sukar melapuk yang berfungsi sebagai mulsa, sehingga tanah terlindung dari air hujan dan pemadatan tanah karena ulah pekerja selama operasi di lapangan. Barisan tanaman pagar menurunkan kecepatan aliran permukaan sehingga memberikan kesempatan pada air untuk berinfiltrasi. Selanjutnya tanaman pagar menyebabkan air tanah selalu berkurang untuk kebutuhan pertumbuhannya selama musim kemarau sehingga sistem ini menyerap lebih banyak

air hujan ke dalam tanah dan akhirnya menurunkan erosi. Beberapa hasil penelitian yang dilakukan telah menunjukkan bahwa budidaya lorong sangat efektif dalam mengendalikan erosi (Tabel 2).

Tabel 2. Efektivitas pengendalian erosi dalam budidaya lorong di Indonesia, Philipina dan Peru*

Lokasi	Jenis Tanah	Kemiringan (%)	Waktu	Perlakuan/ Jenis Legume	Erosi (ton/ha)	Sumber
Indonesia						
~ Srimulyo (Malang)	Aquic Tropudult	30-36	1987-1989	- <i>Flemingia Congesta</i>	5-10	Sukmana and
~ Citayam (Bogor)	Haplorthox	13-15	1989-1990	- <i>Flemingia Congesta</i>	4,7	Suwardjo (1991)
				- Kontrol	482,0	
~ Ungaran (Semarang)	Typic Eutrocept	10-15	1989-1990	- Kontrol	54,0	
				- <i>Flemingia Congesta</i>	0,1	
				- <i>Calliandra Calothyraus</i>	7,0	
				- <i>Tephrosia Volgelli</i>	11,9	
Philipina						
	-	-	1989-1991	- Tanpa <i>Alley Cropping</i>	141,0	Comia et al. (1994)
				- <i>Alley Cropping</i> (<i>Desmanthus Vulgaris</i>)		
				~ Diolah, tanpa mulsa	24,0	
				~ Diolah, diberi mulsa	3,0	
				~ Tidak diolah, diberi Mulsa	2,0	
Philipina						
~ Los Banos	-	45	-	- Tanpa <i>Alley Cropping</i>	1,7	Lasco et al. (1996)
				- Dengan <i>Alley Cropping</i>	0,4	
~ Jajala	-	47	-	- Tanpa <i>Alley Cropping</i>	26,1	
				- Dengan <i>Alley Cropping</i>	8,2	
~ Buhi	-	45-66	-	- Tanpa <i>Alley Cropping</i>	3,5	
				- Dengan <i>Alley Cropping</i>	2,4	
Peru						
	Type Petudult	15-20	1987-1993	- <i>Sole cropping</i>	79,0	Alegre and Rao (1996)
				- <i>Alley Cropping</i> (<i>Inga edulis</i>)	5,8	
				- Hutan sekunder	0,4	
				- Tanah Bera	141,4	

*) Sumber : Alegre dan Rao (1995 cit Haryati, 2002)

Hasil penelitian Rachman, Abdurachman, dan Haryono (1995) tentang sistem budidaya lorong pada tanah *Eutrocepts* Ungaran berlereng 10 - 15 %, menunjukkan bahwa setelah tahun ke-4 tanaman pagar *Kaliandra*, *Vetiver* (*Vetiveria zizanioides*), dan *Flemingia* (*Flemingia congesta*) masih menghasilkan jumlah aliran permukaan masing-masing sebesar 2039, 1007, dan 470 m³/ha/tahun; meskipun tanaman pagar

tersebut ditanam dalam strip 2 baris tanaman. Mereka melaporkan bahwa pertumbuhan tanaman pagar *Teprosia* (*Tephrosia vogelii*) sangat buruk sehingga diganti dengan Vetiver. Ai Dariah, Suganda, Sujitno, Tala'ohu, dan Sutrisno (1995) menggunakan sistem budidaya lorong untuk merehabilitasi lahan semi kritis bervegetasi Alang-alang (*Imperata cylindrica*) di Desa Jatiwangi, Garut. Budidaya lorong dengan tanaman pagar Flemingia, Vetiver, dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) masing-masing masih menimbulkan aliran permukaan sebesar 15.8, 69.1, dan 24.1 m³/ha dalam bulan Februari 1994 (tahun ke-4) dan menghasilkan erosi kumulatif masing-masing sebesar 4.1, 11.2, dan 1.9 ton/ha selama 6 bulan.

Hakim dan Agustian (2005) melaporkan bahwa dibandingkan dengan tanaman pupuk hijau *Gliricidia sepium* dari famili legume, pertumbuhan titonia sebagai pagar lorong jauh lebih baik. Selain itu, mereka juga melaporkan bahwa titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi tanah tererosi secara nyata sebesar 9,42 ton/ha (85 %) dan mengurangi aliran permukaan sebesar 275,168 m³/ha (45 %) bila dibandingkan dengan tanpa pagar lorong.

Zaini *et al.*, (1985) melaporkan bahwa biomassa yang dihasilkan lamtoro di Sitiung, Sumatera Barat berkisar antara 4.6 – 6.3 t/ha/tahun, *Flemengia congesta* sekitar 5 t/ha/tahun, sedangkan Albisia berkisar antara 2.5 – 3.1 t/ha/tahun. Hasil penelitian Evenson dan Jost (1986) di Sitiung, Sumatera Barat, menunjukkan bahwa tanaman pagar jenis Albisia menghasilkan biomassa dan nitrogen lebih banyak dibanding Kaliandra. Sedangkan Adiningsih *et al.*, (1986) mengemukakan bahwa di Kuamang Kuning, Jambi, Kalindra dan Lamtoro menghasilkan biomassa lebih

banyak daripada *Flemengia congesta*.. Sedangkan Hakim dan Agustian (2005) mendapatkan bahwa titonia sebagai pagar lorong dengan jarak 5 m satu sama lain (20 baris/ha= 2000 m²/ha) memberikan hasil biomas kering sebesar 6,6 – 6,8 ton/ha (sekitar 40 ton titonia segar), lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanaman legume. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa titonia adalah tanaman yang mempunyai keistimewaan, meskipun tidak mempunyai bintil akar seperti tanaman legume.

Juanda *et al.* (2003) melaporkan bahwa sistem budidaya lorong berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan kandungan bahan organik, dan berpengaruh nyata terhadap berat jenis isi, kadar air lapang, kadar air maksimum, dan laju infiltrasi. Sistem budidaya lorong tidak berpengaruh nyata terhadap struktur tanah dan stabilitas agregat (Tabel 3). Dengan demikian budidaya lorong sangat baik diterapkan untuk mengurangi erosi dan meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan.

Tabel 3. Laju infiltrasi, kandungan bahan organik, berat jenis isi, kadar air lapang, kadar air maksimum, struktur remah dan stabilitas agregat

Perlakuan	Parameter						
	LI (mm/jam)	BO (%)	BJ (g/cm ³)	KAL (%)	KAM (%)	SR	SA (%)
Flemingia	0,95 a	2,87 a	0,55 a	36,95 a	78,41 a	46,00 a	73,33 a
Akar wangi	0,75 b	2,36 b	0,36 a	29,29 a	75,15 a	47,33 a	76,67 a
Kaliandra	0,79 b	2,45 b	0,92 a	35,07 a	75,70 a	42,67 a	80,00 a
Kontrol	0,55 c	1,76 c	1,66 b	24,46 b	65,71 b	35,00 a	73,33 a

Keterangan : LI = Laju Infiltrasi, BO = Bahan Organik, BJ = Berat Jenis Isi, KAL = Kadar Air Lapang, KAM = Kadar Air Maksimum, SR = Struktur Remah, SA = Stabilitas Agregat

2.4 Aktivitas Jamur Tanah yang Menguntungkan pada Rhizosfir

Jamur merupakan komponen yang sangat penting dalam ekosistem tanah karena memiliki peranan utama dalam siklus nutrisi, mempertahankan struktur tanah, dan mengatur pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme (Munir, 2006). Menurut Chanway (1997 *cit* Munir, 2006) jamur memiliki fungsi penting di daerah rhizosfir yang membantu pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme seperti peningkatan penyerapan nutrisi, sebagai kontrol biologi terhadap serangan patogen, dan juga menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tanaman.

Mikroba tanah banyak yang berperan dalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman. Tiga unsur hara penting tanaman, yaitu N, P, dan K seluruhnya melibatkan aktivitas mikroba. Hara N tersedia melimpah di udara, kurang lebih 74 % kandungan udara adalah N. Namun, N udara tidak dapat langsung dimanfaatkan tanaman. Unsur N harus ditambat oleh mikroba dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah lain yang berperan di dalam penyediaan unsur hara adalah mikroba pelarut P dan K. Banyak sekali mikroba yang mampu melarutkan P, antara lain: *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Pseudomonas* sp dan *Bacillus megatherium*. Mikroba yang berkemampuan tinggi melarutkan P, umumnya juga berkemampuan tinggi dalam melarutkan K (Isroi, 2005).

Pemanfaatan jamur tanah yang lebih dominan pada pH tanah rendah memperoleh perhatian para peneliti. Das (1963 *cit* Elfiati, 2005) melaporkan bahwa beberapa *Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp mampu melarutkan Al-P dan Fe-P. Jenis jamur yang lain adalah *Sclerotium* dan *Fusarium* (Alexander, 1978 *cit* Elfiati, 2005).

2.4.1 Peranan Biologis Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)

Asosiasi simbiotik antara jamur dan tumbuhan dikenal sebagai mikoriza. Menurut Hacskeylo (1972 *cit* Gandjar *et al.*, 2006) dalam simbiosis tersebut jamur mendapat karbohidrat dan vitamin dari tumbuhan, sedangkan tumbuhan antara lain meningkatkan kemampuannya memperoleh nutrien dari tanah, seperti N, P, K, dan kalsium (Ca). Tumbuhan tersebut juga meningkatkan toleransinya terhadap kekeringan, suhu tinggi, keasaman tinggi karena kadar aluminium, sulfur, dan mangan yang tinggi (Moore-Landecker, 1996 *cit* Gandjar *et al.*, 2006).

Mikoriza mampu menyerap P pada konsentrasi yang sangat rendah di mana akar tanaman (yang tidak terinfeksi mikoriza) tidak mampu menyerapnya. Semakin rendah konsentrasi P dalam larutan tanah, maka peranan mikoriza semakin efektif. Banyak hasil penelitian membuktikan bahwa mekanisme peningkatan serapan P adalah berdasarkan peningkatan sebaran hifa di dalam profil tanah. Mikoriza dapat menambah luas permukaan akar, sehingga dapat menambah jumlah serapan air dan P (Hairiah *et al.*, 2000).

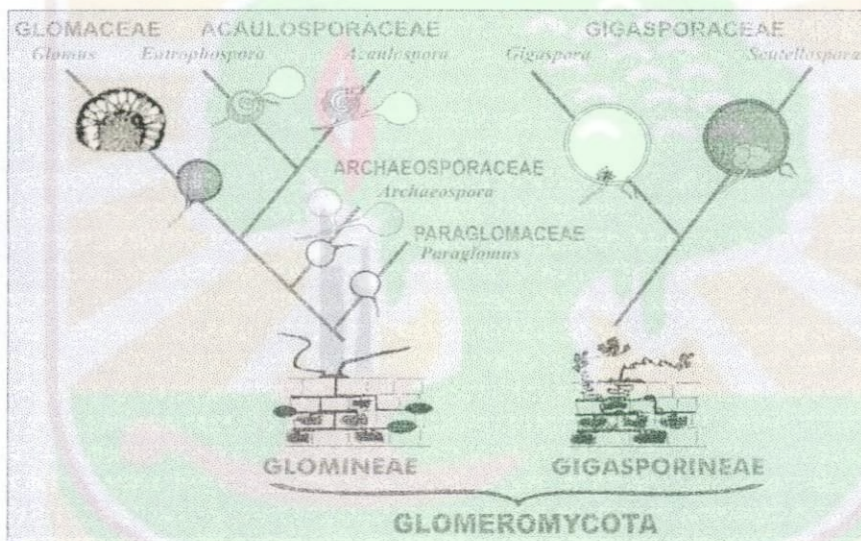
Menurut Setiadi (2007), mikoriza berperan dalam hal: (1) perbaikan nutrisi tanaman dan peningkatan pertumbuhan; (2) sebagai pelindung hayati (*Bio-protection*); (3) meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekeringan; (4) terlibat dalam siklus Bio-Geo-Kimia; (5) sinergis dengan mikroorganisme lain; dan (6) mempertahankan keanekaragaman tumbuhan. Berdasarkan manfaat tersebut, maka mikoriza mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan dalam rangka meningkatkan produktivitas lahan-lahan marginal.

Dalam simbiosisnya dengan tanaman, mikoriza meningkatkan serapan hara tanaman melalui 6 langkah (1) luas perakaran tanaman bertambah, sehingga memperluas area penyerapan; (2) hifa eksternal yang akan memperluas area penyerapan karena diameter yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan akar ($1/10$), sehingga dapat meningkatkan serapan hara 60 kali (Bolan, 1991 *cit* Delvian 2005); (3) percepatan pergerakan hara P karena peningkatan afinitas akar terhadap P; (4) peningkatan kapasitas serapan hara akar karena akar bermikoriza hidup lebih lama dibandingkan dengan akar yang tidak bermikoriza, (5) peningkatan secara langsung atau tidak langsung transfer hara antar sesama tanaman bermikoriza; dan (6) induksi pembentukan asam organik dan fosfatase yang masing-masing meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman melalui pelarutan dan mineralisasi (Orcutt dan Nilsen, 2000 *cit* Delvian 2005).

Cendawan mikoriza arbuskula adalah salah satu tipe cendawan mikoriza dan termasuk ke dalam golongan endomikoriza. Cendawan mikoriza arbuskula termasuk ke dalam kelas *Zygomycetes*, dengan ordo *Glomales* yang mempunyai 2 sub-ordo,

yaitu *Gigasporineae* dan *Glomineae*. *Gigasporineae* dengan famili *Gigasporaceae* mempunyai 2 genus, yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*. *Glomaceae* mempunyai 4 famili, yaitu famili *Glomaceae* dengan genus *Glomus* dan *Sclerocystis*, famili *Acaulosporaceae* dengan genus *Acaulospora* dan *Entrophospora*, *Paraglomaceae* dengan genus *Paraglomus*, dan *Archaeosporaceae* dengan genus *Archaeospora* (http://invam.caf.wvu.edu/Myc_info/Taxonomy/classification.htm) seperti pada

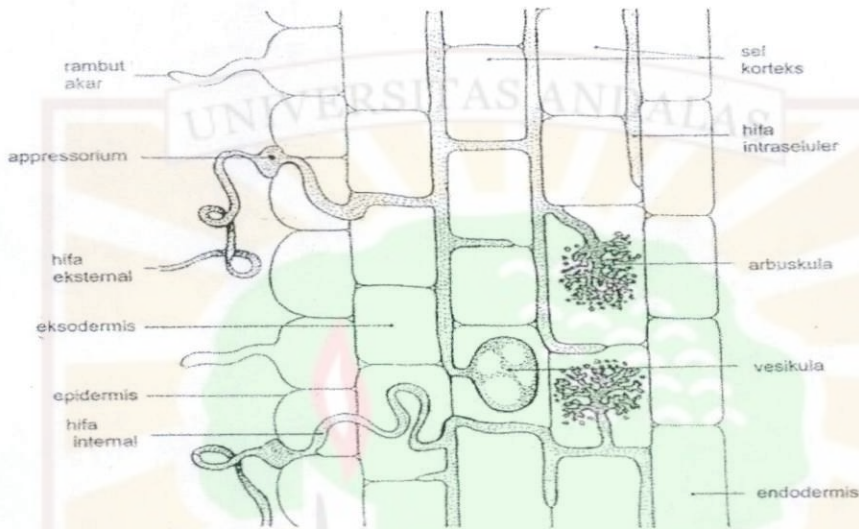
Gambar 1.



Gambar 1. Filogeni perkembangan dan taksonomi ordo Glomales (sumber : http://invam.caf.wvu.edu/Myc_info/Taxonomy/classification.htm)

Scannerini dan Bonfante-Fosolo (1984 *cit* Delvian, 2005) menggambarkan karakteristik mikoriza sebagai berikut, yaitu (a) sistem perakaran tanaman yang terinfeksi mikoriza tidak membesar, (b) cendawannya membentuk struktur lapisan hifa tipis dan tidak merata pada permukaan akar, (c) hifa masuk ke dalam individu sel

jaringan korteks, dan (d) pada umumnya ditemukan struktur percabangan hifa yang disebut arbuskula (*arbuscules*) dan struktur khusus berbentuk oval yang disebut vesikula (*vesicles*). Anatomi sederhana dari mikoriza dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang longitudinal akar yang terinfeksi mikoriza (Sumber: Brundrett *et al.*, 1994 *cit* Delvian, 2005)

Adanya simbiosis mutualistik antara mikoriza dengan perakaran tanaman dapat membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik, terutama pada tanah-tanah marjinal. Hal ini disebabkan mikoriza efektif dalam meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan mikro (Karagiannidis *et al.*, 1995 *cit* Delvian, 2005), meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen (Wani, 1991 *cit* Delvian, 2005), meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan (Kling dan Jakobsen, 1998 *cit* Delvian, 2005), dan dapat membantu pertumbuhan tanaman pada daerah yang tercemar logam berat (Munyanziza *et al.*, 1997 *cit* Delvian, 2005).

Ada tiga alasan mengapa mikoriza dapat meningkatkan penyerapan hara dalam tanah (Abbott dan Robson, 1982 *cit* Delvian, 2005), yaitu karena mikoriza dapat: (1) mengurangi jarak bagi hara untuk memasuki akar tanaman, (2) meningkatkan rata-rata penyerapan hara dan konsentrasi hara pada permukaan penyerapan dan (3) mengubah secara kimia sifat-sifat hara sehingga memudahkan penyerapannya ke dalam akar tanaman. Menurut Karagiannidis *et al.*, (1995 *cit* Delvian, 2005), peningkatan penyerapan hara terutama disebabkan oleh berkurangnya jarak penyerapan dari hara yang masuk dengan cara difusi ke dalam akar tanaman, dan ini lebih banyak terjadi pada tanaman yang mempunyai akar yang kasar, tersebar tipis dan sedikit rambut akarnya.

Tanaman yang bermikoriza lebih tahan kekeringan daripada yang tidak bermikoriza dan akan cepat kembali pulih setelah periode kekeringan berakhir. Hal ini dimungkinkan karena hifa mikoriza masih mampu menyerap air pada pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah tidak mampu. Selain itu penyebaran hifa di dalam tanah sangat luas sehingga hifa dapat mengambil air relatif lebih banyak (Munyanziza *et al.*, 1997 *cit* Delvian, 2005).

Ditemukannya mikoriza pada rhizosfir titonia, merupakan alasan kenapa titonia mampu menghasilkan hara N, P, K lebih banyak, sehingga mampu menghasilkan bahan organik dan hara lebih banyak (Hakim *et al.*, 2007).

2.4.2 Aktivitas Jamur Pelarut Fosfat

Penelitian terhadap jamur pelarut P telah banyak dilakukan, jenis jamur yang paling banyak diteliti adalah *Aspergillus sp* dan *Penicillium sp*. Kelompok *Penicillium sp* mampu melarutkan 26 - 40% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, sedangkan *Aspergillus sp* melarutkan 18% (Chonkar dan Subba Rao, 1967 cit Elfiati, 2005). Asam sitrat yang dihasilkan oleh *Aspergillus awamori* berperan dalam pelarutan Ca-P. *Aspergillus fumigatus* dan *Aspergillus candidus* yang diteliti oleh Banik (1982 cit Elfiati, 2005) menunjukkan kemampuan yang jauh melebihi fosfobakterin dalam melarutkan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 dan FePO_4 , sedangkan *Aspergillus niger* yang diteliti oleh Anas *et al.* (1993) dan Lestari (1994 cit Elfiati, 2005) sangat baik dalam meningkatkan P larut dari media batuan fosfat, yakni lebih dari 10 kali lipat. *Aspergillus ficum* yang diteliti oleh Premono (1994 cit Elfiati, 2005) mampu meningkatkan ketersediaan P pada tanah sebesar 25%, dan mampu melarutkan bentuk-bentuk Ca-P dan Fe-P. Hasil penelitian Maningsih dan Anas (1996 cit Elfiati, 2005) menunjukkan bahwa jamur *Aspergillus niger* dapat meningkatkan kelarutan P dari AlPO_4 sebesar 135% dan dapat meningkatkan P larut pada Ultisol sebesar 30.4% dibandingkan kontrol.

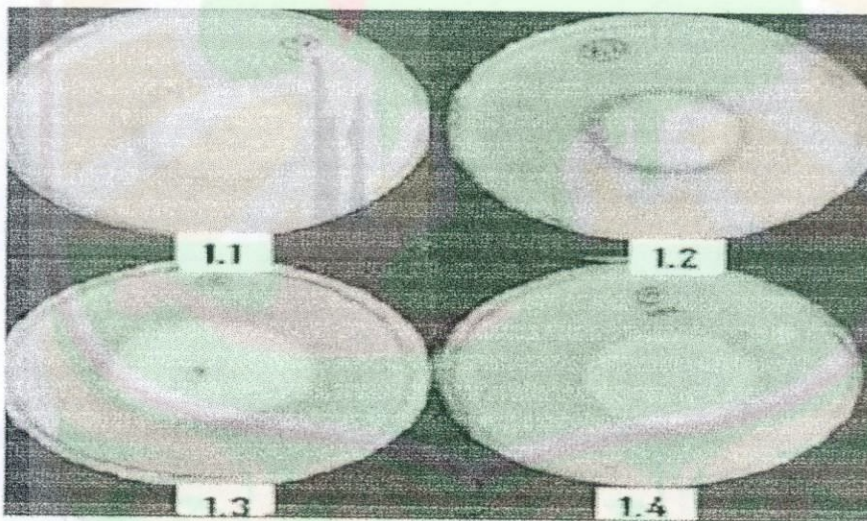
Lestari, Saraswati, Khairani, dan Nazemi. (2006) melaporkan bahwa jamur pelarut P mampu melarutkan P pada Ultisol ditandai dengan meningkatnya kadar P terlarut setelah diinokulasi. Pada Ultisol yang disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 1 jam, terjadi peningkatan kadar P-terlarut yang semula 4.09 ppm menjadi 4.35 ppm. Kadar P-terlarut dari Ultisol steril yang diinokulasi jamur pelarut P meningkat sejalan dengan lamanya waktu inkubasi. Inokulasi jamur pelarut P

isolat Kar 2.1 dan 14 - 2 - 1 pada Ultisol steril mampu meningkatkan kadar P-terlarut masing-masing sebesar 0.03 – 2.4 ppm/minggu dan 0.19 – 8.39 ppm/minggu. Kadar P-terlarut dari Ultisol steril yang diinokulasi Kar 2.1 dan 14 – 2 - 1 masing-masing meningkat sebesar 6.40 ppm dan 12.39 ppm setelah diinkubasi selama 9 minggu.

Para peneliti menyakini bahwa fenomena pelarutan fosfat ini berhubungan dengan kemampuan mikroba dalam memproduksi asam-asam organik, dan/atau polisakarida ekstraselluler (Kim *et al.*, 1998 *cit* Goenadi *et al.*, 2000). Misalnya, *Aspergillus niger* mampu melarutkan fosfat anorganik melalui produksi dari asam-asam (sitrat, gluconic, glicolic, suksinat, dan asam oksalat), juga melarutkan sekaligus kalsium dan aluminum fosfat pada media kultur (Goenadi *et al.*, 2000).

Setiawati (2004), mengemukakan bahwa asam-asam organik ini dapat membentuk *khelat* (kompleks stabil) dengan kation Al, Fe atau Ca yang mengikat P, sehingga ion $H_2PO_4^-$ menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap. Beberapa spesies cendawan dari genus *Aspergillus* mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam melarutkan fosfat terikat dibandingkan dengan bakteri. Hal ini memberi peluang yang baik untuk dikembangkan di daerah tropis yang mempunyai banyak tanah bereaksi masam karena cendawan menyukai lingkungan pertumbuhan yang bersifat masam.

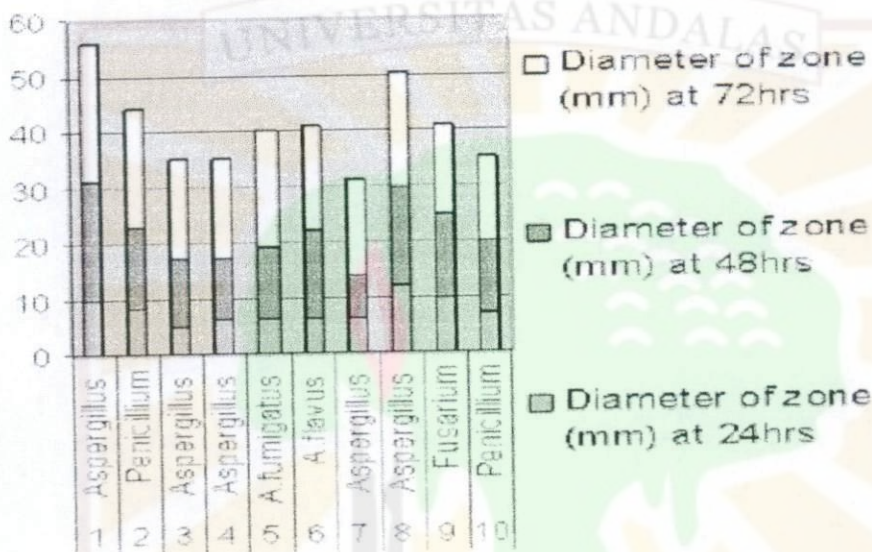
Rajankar, Tambekar dan Wate (2007) melakukan penelitian melalui pengamatan 107 sampel tanah yang dikumpulkan dari desa yang berbeda di Purna berupa tanah alluvial dari kecamatan (distrik) Amravati (30.80%) sampel menunjukkan adanya mikroorganisme pelarut P. Dimana kondisi tanah tempat isolat diambil adalah salin yang mengindikasikan garam yang tinggi, sehingga isolat yang diperoleh ini bisa digunakan kembali sebagai pupuk hayati *indigenous*. Dari sampel isolat, 20 desa (87%) ditemukan *Aspergillus* spp. (Gambar 3: 1.1, 1.2), 2 desa (8.7%) ditemukan *Penicillium* spp. (Gambar 3: 1.3) dan 1 desa (4.3%) ditemukan *Fusarium* spp. (Gambar 3: 1.4)



Gambar 3. Zona kelarutan fosfat oleh jamur yang berbeda (1.1,1.2,1.3 dan 1.4) setelah 72 jam (Sumber: Rajankar *et al.*, 2007).

Efisiensi terlihat pada tampilan berupa zona bening disekeliling pertumbuhan jamur setelah diinokulasi pada media agar pikovskaya dan dinkubasi selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam pada suhu 28°C (Gambar 3). Pengamatan berlanjut dengan

kemampuan melarutkan P dengan mengukur diameter zona bening yang meningkat setiap hari inkubasi. Zona kemudian dibandingkan untuk menemukan efisiensi kelarutan P. Gambar 4 menunjukkan perbandingan efisiensi dari 10 sampel jamur yang berbeda



Gambar 4. Efisiensi kelarutan fosfat oleh jamur (Sumber: Rajankar *et al.*, 2007).

Setiawati (2004) melaporkan hasil percobaan skala rumah kaca dan lapangan dengan menggunakan berbagai inokulan mikroba pelarut fosfat untuk tanaman sayur-sayuran, padi, dan palawija dapat meningkatkan hasil antara 20-70 %. . Sedangkan Hakim *et al.* (2007) melaporkan bahwa terdapatnya jamur pelarut fosfat pada rhizosfir titonia juga dapat dijadikan alasan mengapa kadar P titonia cukup tinggi.

2.5 Aktifitas Bakteri Tanah yang Menguntungkan pada Rhizosfir

Rhizobakteria merupakan istilah yang biasa digunakan terhadap bakteri yang hidup pada rhizosfir tanaman. Rhizosfir merupakan kawasan yang berada di sekitar perakaran tanaman dan tempat berlangsungnya peningkatan aktivitas mikroba tanah yang dipengaruhi oleh akar tanaman tersebut (Sylvia *et al.*, 1998). Aktivitas mikroba ini tidak terbatas hanya pada tanah disekitar perakaran saja, tetapi juga pada permukaan akar yang biasa diistilahkan dengan *rhizoplen* (Soedarsono, 1981). Foth (1998) menyatakan, bahwa sebagian besar dari organisme golongan mikroflora yang menempati rhizosfir, merupakan bakteri yang menguntungkan.

2.5.1 Bakteri Penambat N

a. *Azotobacter*

Azotobacter merupakan bakteri penambat N non simbiotik yang berasal dari famili *Azotobacteriaceae*; ordo *Eubacteriales*; klas *schizomycetes* ; divisi *Protophyta* (Bergey *cit* Husin 1993). *Azotobacter* termasuk mikroba aerobik obligat (Paul dan Clark, 1989), bersifat gram negatif atau gram variabel (Thompson dan Sherman, 1979 *cit* Wedastri, 2002), bersifat termofilik dengan suhu optimum pertumbuhan 30 – 35°C, dengan aktivitas respirasi yang tinggi (Sutedjo, Kartasapoetra dan Sastroatmodjo, 1991). Untuk pertumbuhannya sumber N yang dibutuhkan diperoleh melalui N₂, Amonium, Nitrat, Urea dan juga senyawa N-organik (Imas *et al.*, 1989).

Ciri khas yang dimiliki oleh *Azotobacter* berupa pembentukan lendir yang kuat dan pigmen gelap memberi wujud khas pada koloninya (Schlegel dan Schmidt, 1994). Sutedjo *et al.* (1991) menjelaskan bahwa *Azotobacter* tumbuh baik pada media dengan defisiensi N dan akan membentuk lendir kapsuler jika diberikan glukosa sebagai sumber karbon (C). Banyaknya N yang diikat oleh *Azotobacter* sangat tergantung kepada jumlah energi yang diperoleh dari tanaman tempat hidupnya. Dilaporkan oleh Rosmarkam *et al.* (2001) bahwa *Azotobacter* mampu menghasilkan fiksasi N sebesar 12 sampai 313 kg N/tahun.

Ditemukannya *Azotobacter* pada rhizosfir titonia juga menjadi alasan mengapa titonia mampu menghasilkan N dalam jumlah tinggi (Hakim *et al.*, 2007). Titonia yang direinokulasi dengan *Azotobacter* mampu menghasilkan N sekitar 0,44 g/pot bila dibandingkan tanpa reinokulasi *Azotobacter* hanya 0,28 g/pot (Hakim *et al.*, 2008).

b. Azospirillum

Azospirillum sp pertama kali berhasil diisolasi dari permukaan akar rumput-rumputan makanan ternak dan beberapa tanaman sereal. Selain pada *Gramineae*, *Azospirillum sp* juga ditemukan dari rhizosfir non- *Gramineae* (Gamo dan Ahn, 1991 *cit* Rusmana dan Hadijaya, 1994). *Azospirillum sp* terdapat pada sekitar akar, permukaan akar dan di dalam akar (Venkateswarlu dan Rao, 1983) pertumbuhannya

sangat baik pada media yang mengandung asam malat, asam suksinat atau asam piruvat dan ditemukan cukup baik pada media yang mengandung galaktosa dan asetat.

Asosiasi yang terjadi antara *Azospirillum sp* dengan tanaman diduga mengarah kepada simbiosis, karena *Azospirillum sp* menggunakan senyawa malat sebagai sumber karbon untuk sumber energi untuk pertumbuhannya. Dugaan ini diperkuat dengan adanya aktivitas *Azospirillum sp* yang tertimbun pada kalus tanaman tebu (Berg *et al.*, 1980). Hal serupa analog dengan yang terjadi antara *Rhizobium* yang tumbuh pada kalus tanaman kedelai (Bednarski dan Reporte, 1978 *cit* Rusmana dan hadijaya, 1994). *Azospirillum sp* menambat N pada kondisi makroaerofil. Nitrogen yang ditambat tersebut akan diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3 dan NH_4^+ (Rao, 1994).

Terdapatnya *Azospirillum* pada rhizosfir titonia juga dapat menjadi alasan mengapa titonia mampu menghasilkan N dalam jumlah tinggi (Hakim *et al.*, 2007). Titonia yang direinokulasi dengan *Azospirillum* mampu menghasilkan N sekitar 0,54 g/pot bila dibandingkan tanpa reinokulasi *Azospirillum* hanya 0,28 g/pot (Hakim *et al.*, 2008).

2.5.2 Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Bakteri pelarut fosfat berperan dalam proses transformasi unsur P (Alexander, 1977) dengan cara ; 1) mengubah kelarutan senyawa fosfat anorganik; 2) meningkatkan mineralisasi senyawa organik dengan melepaskan fosfat anorganik;

3) mendorong proses oksidasi dan reduksi senyawa P anorganik. Transformasi P melalui 3 mekanisme diatas oleh bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan fosfat anorganik dan melarutkan bentuk-bentuk ikatan fosfat tertentu. Genus *Pseudomonas* dan *Bacillus* memiliki kemampuan yang paling besar dalam melarutkan P tak larut menjadi bentuk larut didalam tanah.

Pada rhizosfir titonia ternyata juga terdapat BPF (Hakim *et al.*, 2007). Reinokulasi BPF pada akar titonia dapat menghasilkan N dan K sebesar 0,6 dan 0,49 g/pot, bila dibandingkan tanpa reinokulasi BPF hanya 0,28 g/pot N dan K sebesar 0,24 g/pot (Hakim *et al.*, 2008). Hasil penelitian Marlina (2001) menunjukkan bahwa pemberian bakteri pelarut pospat mampu meningkatkan ketersediaan P sebesar 20,06 ppm, serapan P tanaman bagian atas naik sebesar 1,84 mg/pot dan serapan P tanaman oleh akar sebesar 0,34 mg/pot/.

2.6 Jagung dan Syarat Tumbuhnya

Produksi jagung Indonesia pada tahun 2000 mencapai 9,67 juta ton dan pada tahun 2001 mengalami sedikit penurunan menjadi 9,34 juta ton. Produksi jagung Indonesia selama tiga tahun berikutnya berturut-turut mengalami peningkatan yakni dari 10,8 juta ton pada tahun 2003 menjadi 11,2 juta ton pada 2004 dan 12,01 juta ton pada tahun 2005. Pada tahun 2006 menurut Menteri Pertanian produksi jagung turun sedikit menjadi 11,61 juta ton, tetapi meningkat lagi menjadi 13,28 juta ton pada tahun 2007. Dengan produksi jagung sebesar itu, ternyata jagung masih harus diimpor. Impor jagung sejak tahun 2000 meningkat secara signifikan, hal ini juga

dipengaruhi peningkatan konsumsi jagung untuk industri pakan ternak. Pada tahun 2000, impor jagung Indonesia sebanyak 1,28 juta ton, tiga tahun kemudian naik menjadi 1,39 juta ton dan pada 2004 kembali meningkat menjadi 2,73 juta ton. Pada tahun 2007 impor jagung masih 1,7 juta ton (Egi, 2007). Oleh karena itu, peningkatan produksi jagung menjadi sangat penting bagi Indonesia.

Tanaman jagung (*Zea mays* L) adalah salah satu tanaman biji-bijian yang termasuk famili *Gramineae* yang sudah terkenal diseluruh dunia. Tanaman jagung merupakan tanaman sereal yang penting selain padi dan gandum. Tanaman jagung dapat tumbuh hampir pada semua jenis tanah. Akan tetapi tanaman ini akan dapat tumbuh lebih baik pada tanah yang gembur dan kaya akan humus (Suprpto, 1991).

Sutoro *et al.* (1988), menyatakan bahwa tanah dengan tekstur lempung berdebu adalah yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman jagung karena mempunyai aerasi yang baik sehingga perkembangan perakaran tidak terhambat. Tanah-tanah dengan tekstur berat masih dapat ditanami jagung dengan hasil yang baik bila pengolahan tanah dikerjakan secara optimal, sehingga aerasi dan ketersediaan air dalam tanah dalam kondisi baik.

Aksi Agraris Kanisius (AAK) (1993) mengemukakan bahwa jagung dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000 – 1800 meter dari permukaan laut (dpl). Umumnya tanaman jagung yang ditanam di daerah ketinggian kurang dari 800 m dari permukaan laut akan memberikan hasil yang tinggi. Untuk pertumbuhan dan

perkembangannya, tanaman jagung memerlukan suhu udara optimum antara 23 °C sampai 27 °C. Suhu minimum yang mengakibatkan pertumbuhan jagung terhambat yaitu 3 °C dan suhu maksimumnya 45°C.

Derajat kemasaman tanah (pH) yang baik untuk tanaman jagung adalah pH 5,5 hingga 7,0. Tanah yang mempunyai pH kurang dari 5,5 akan mengakibatkan Al dan unsur-unsur mikro seperti Fe dan Mn banyak terlarut sehingga meracuni tanaman. Di lain pihak unsur P banyak diikat oleh Al dan Fe, sehingga tidak dapat diserap tanaman jagung (Warisno, 1998).

Untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal, tanaman jagung perlu diberi pupuk. Persediaan unsur hara yang cukup pada setiap fase pertumbuhan merupakan syarat mutlak untuk pertumbuhan yang baik. Menurut Warisno (1998), pemberian pupuk N, P dan K akan memberikan hasil jagung yang lebih baik. Jika dibandingkan dengan K, tanaman jagung membutuhkan N yang lebih banyak. Sebagian unsur N yang diambil tanaman akan dipindahkan ke biji dan terbawa bersama panen. Tanaman jagung yang kekurangan N memiliki daun yang kekuning-kuningan. Tongkol jagung yang terbentuk menjadi kecil dan kandungan protein dalam biji menjadi rendah.

Tanaman jagung yang dipupuk dengan tironia setara 60 kg N/ha menghasilkan pipilan kering 4 ton/ha, sedangkan yang dipupuk dengan Urea setara 60 kg N/ha hanya sebanyak 3,7 ton/ha (Sanchez and Jama, 2000 *cit* Hakim *et al.*, 2003). Hakim *et al.* (2008) mengemukakan bahwa berdasarkan hasil penelitian selama 2 tahun dapat

disimpulkan bahwa untuk pembuatan kompos bagi tanaman jagung dibutuhkan sebanyak 20 ton/ha titonia segar yang dapat dihasilkan dari 0.2 ha lahan usaha selama 4 bulan . Jumlah kompos tersebut dapat mengurangi penggunaan pupuk buatan sebanyak 50 % dari kebutuhan tanaman jagung (200 kg Urea dan 200 kg KCl), dan memperoleh hasil jagung sekitar 4.8 ton/ha.



III. BAHAN DAN METODA

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Limau Manis Padang selama 7 bulan, 2 bulan prapenelitian di rumah kawat dan 5 bulan di lapangan (Januari sampai Juli 2009). Kebun percobaan terletak ± 275 m dpl dengan suhu rata-rata tahunan 26^0 C dan curah hujan rata-rata tahunan > 4000 mm. Curah hujan tahunan tergolong tertinggi di Sumatera Barat (Pusat Studi Irigasi Sumber Daya Air, Lahan dan Pembangunan, 2004). Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium P3IN Universitas Andalas Padang. Jadwal kegiatan penelitian secara rinci pada Lampiran 1.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, meliputi tanah ordo Ultisol, plat seng untuk pembatas petak erosi, got, corong, papan dan bibit jagung Bisi 2 serta beberapa bahan kimia. Stek titonia yang telah diinokulasikan dengan jamur dan bakteri digunakan sebagai pagar lorong. Alat – alat yang digunakan adalah timbangan, cangkul, parang, gergaji dan polibag ukuran 2 kg. Untuk pencegahan hama dan penyakit tanaman digunakan Decis 2,5 EC, Dithane M₄₅, Curacron, Curater, dan sejumlah bahan kimia digunakan untuk analisis tanah dan tanaman di laboratorium. Selengkapnya bahan dan alat yang digunakan di lapangan dan laboratorium dapat dilihat pada Lampiran 3 dan 4.

3.3 Rancangan Percobaan Penelitian

Percobaan ini dilakukan dalam 2 tahap. Dalam hal ini tahap pertama merupakan prapenelitian guna mencari 4 perlakuan terbaik dalam bentuk pembibitan di rumah kawat selama 2 bulan. Tahap ke dua merupakan percobaan lapangan. Percobaan menggunakan 6 perlakuan yang ditempatkan secara Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 kelompok. Hasil penelitian diuji secara statistik dengan uji F, bila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5 %. Perlakuan dirancang sebagai berikut :

1. Prapenelitian di rumah kawat :

- A = Kontrol (tanah steril tanpa perlakuan)
- B = Mikoriza (campuran *Acaulospora*+*Glomus*+*Gigaspora*)
- C = Jamur Pelarut Fosfat (JPF)
- D = Mikoriza (campuran) + JPF
- E = Mikoriza (campuran) + Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)
- F = Mikoriza (campuran) + BPF + JPF
- G = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum*
- H = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + Azotobakter
- I = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + Azotobakter + BPF
- J = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + Azotobakter + BPF + JPF

2. Di lapangan :

Dari hasil prapenelitian di rumah kawat dipilih 4 perlakuan terbaik yang didasarkan pada pertumbuhan titonia dan ditambah 2 perlakuan kontrol, 1 tanpa mikroba dan 1 tanpa pagar lorong titonia. Adapun perlakuan di lapangan yaitu :

- A = Kontrol (titonia tanpa perlakuan mikroba)
- B = Mikoriza (campuran) + *Azospirillum* + *Azotobakter*
- C = Tanpa pagar lorong titonia
- D = Mikoriza (campuran) + JPF
- E = Mikoriza (campuran) + BPF
- F = Mikoriza (campuran) + BPF + JPF

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan, dari penelitian Hakim *et al* tahun 2007 - 2008 yang telah menemukan beberapa jenis jamur dan bakteri yang berperan di dalam meningkatkan serapan hara titonia. Jamur dan bakteri tersebut direinokulasikan kembali pada tanaman titonia yang dipelihara di rumah kawat selama 2 bulan. Setelah itu, baru dipindahkan ke lapangan. Tujuan reinokulasi dengan mikroorganisme tersebut adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dari jamur dan bakteri pada rhizosfir titonia ini dalam meningkatkan kandungan hara dan bahan kering titonia, dan sekaligus untuk mengetahui kemampuan titonia tersebut sebagai pagar lorong untuk mengurangi erosi.

3.4.1 Persiapan di Rumah Kawat

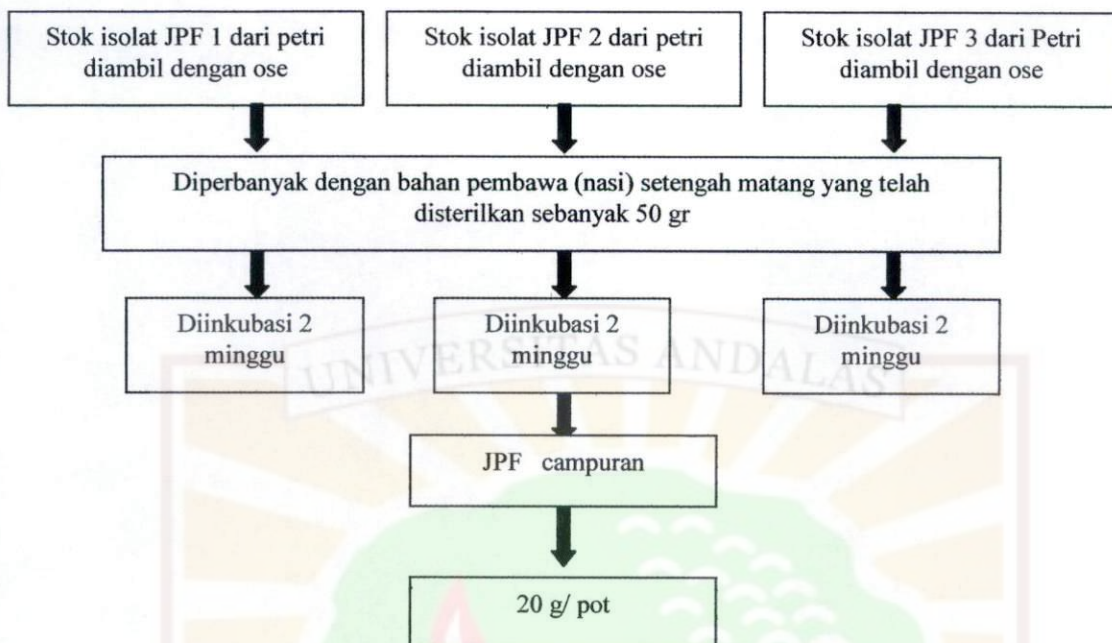
3.4.1.1 *Persiapan Media Pembibitan Titonia*

Sebagai media pembibitan, Ultisol Limau Manis diambil dari Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Tanah diaduk hingga tercampur rata, lalu dikering anginkan. Ditimbang 2 kg tanah untuk setiap potnya, kemudian disterilkan dengan menggunakan *autoclave* pada temperatur 121° C, dengan tekanan 15 Atm selama 60 menit. Setelah itu didiamkan selama 1 malam, kemudian diulangi proses sterilisasi untuk yang kedua kalinya. Setelah itu, tanah tersebut dimasukkan kedalam polibag yang sudah disterilkan dengan alkohol 70 %. Lalu bungkus dengan plastik agar tidak berkontak langsung dengan udara bebas.

3.4.1.2 *Perbanyakan Jamur Pelarut Fosfat (JPF) dan Mikoriza*

a. Pembuatan Inokulan Jamur Pelarut Fosfat.

Inokulan JPF terdiri dari tiga buah isolat, yang didapatkan dari penelitian sebelumnya (Hakim *et al*, 2008). Perbanyakan JPF selanjutnya berpedoman pada cara yang dilakukan oleh Purnomo (1998), yaitu sebagai berikut : stok isolat JPF dari petri diambil, masing - masing isolat JPF diperbanyak ke bahan pembawa (nasi) setengah matang yang telah disterilkan sebanyak 50 g, kemudian diinkubasikan selama 2 minggu dan inokulan siap diinokulasikan ke dalam tanah. Tahap perbanyakan isolat disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahapan perbanyakan isolat JPF

b. Perbanyakan Mikoriza

Inokulan mikoriza yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya (Hakim *et al*, 2008), terdiri atas tiga isolat spora cendawan mikoriza yaitu glomus, gigaspora dan acaulospora. Ketiga isolat tersebut digabung (dikompositkan) terlebih dahulu sebelum diberikan ke titonia. Inokulan gabungan tadi di berikan ke titonia dengan kandungan 100 spora/ 50 g media pasir.

3.4.1.3 Perbanyakan isolat *Azospirillum*, *Azotobakter*, dan BPF

Perbanyakan isolat dilakukan dengan menumbuhkan masing-masing isolat yang diambil dari stok isolat hasil penelitian sebelumnya (Hakim *et al.*, 2008). Perbanyakan isolat berpedoman pada cara yang dilakukan oleh Anas (1989) yaitu sebagai berikut : masing-masing isolat yang dipakai dibiakkan pada media tumbuh

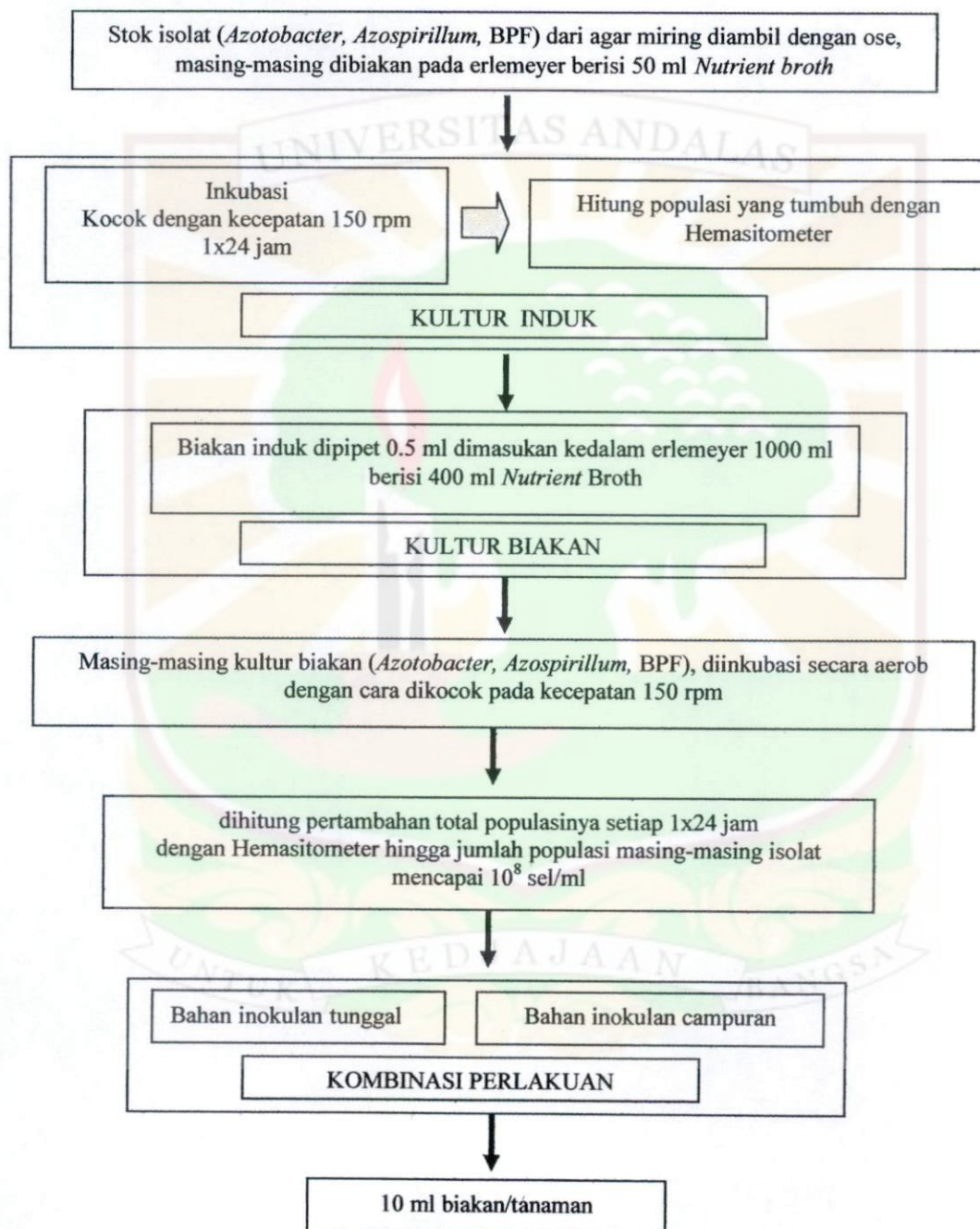
Nutrient Broth (Ekstrak daging 3 g, pepton 5 g dalam 1 liter air aquades) pada kondisi aerob, stok isolat (dalam bentuk agar miring) diambil dengan menggunakan jarum ose, kemudian dimasukkan kedalam erlemeyer yang telah berisi 50 ml *Nutrient Broth*, dikocok dan diinkubasi selama 1x24 jam dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian dihitung populasi bakteri yang tumbuh dengan hemasitometer. Biakan ini dinamakan kultur induk. Selanjutnya, 0.5 ml kultur induk diambil dan dimasukkan kedalam erlemeyer yang telah berisi 400 ml *Nutrient Broth*, diinkubasi, dikocok dengan kecepatan 150 rpm. Masing-masing kultur biakan ini dihitung populasinya dengan hemasitometer setiap 1x24 jam hingga mencapai populasi 10^8 sel/ml. Kultur biakan yang telah mencapai 10^8 sel/ml selanjutnya digunakan sebagai bahan inokulan pada pembibitan titonia. Tahap perbanyakan isolat disajikan pada Gambar 6.

3.4.1.4 Pemberian inokulan (Reinokulasi) JPF, Mikoriza, *Azospirillum*, *Azotobakter*, dan BPF pada rhizosfir titonia

Inokulan JPF campuran diberikan 20 g/pot (1 pot = 2 kg tanah setara kering mutlak). Inokulan JPF diletakkan sedalam 7 cm dibawah permukaan tanah, kemudian disebar merata dan ditutup dengan tanah serta diinkubasi selama 2 minggu (Purnomo, 1998).

Cara pemberian mikoriza adalah; dengan meletakkan 100 spora/50 g media pasir pada pot yang telah diisi tanah 2/3 bagian kemudian ditutup kembali dengan tanah. Sedangkan untuk *azospirillum*, *azotobakter* dan BPF adalah dengan menginjeksikan 10 ml biakan menggunakan jarum suntik ke zona perakaran dengan perkiraan total populasi 10^8 /ml pada rhizosfer titonia. Dalam hal ini masing- masing

perlakuan diberi 2 tahap yaitu setengah takaran pada waktu pembibitan di rumah kawat (umur 2 minggu) dan setengah takaran sewaktu di lapangan (umur 1 minggu di lapangan). Takaran masing-masing perlakuan selengkapnya pada Lampiran 5.



Gambar 6. Tahapan perbanyakan isolat pada media *Nutrient Broth*

3.4.1.5 *Penanaman Titonia di rumah kawat*

Bibit berupa stek batang titonia dipersiapkan dengan memotong batang tanaman sepanjang 30 cm. Stek titonia yang digunakan dipilih dengan kriteria, jumlah titik tunas sama (5 titik), diameter sama dan berasal dari lokasi yang sama, kemudian diambil dari batang titonia yang tidak terlalu tua dan masih berwarna hijau segar serta batang tidak luka atau cacat. Kemudian stek titonia ditanam pada tanah yang telah disterilkan masing-masing 1 batang untuk setiap pot.

3.4.1.6 *Pemeliharaan Titonia di Rumah Kawat*

Selanjutnya, pemeliharaan dilakukan di rumah kawat dengan penyiraman, dan pemberian pupuk, untuk 2 kg tanah diberikan 0.56 g Urea; 0.16 g SP-36; 0.6 g KCl; 0.15 g Kiserit dengan cara melingkar pada titonia untuk setiap polibag. Pemberian pupuk titonia dilakukan dalam bentuk 2 tahap, yaitu setengah takaran pada waktu pembibitan di rumah kawat dan setengah takaran lagi di lapangan. Setelah berumur 2 bulan titonia segera dipindahkan ke lapangan pada tempat yang sudah disiapkan, yaitu ditanam sebagai pagar lorong.

3.4.2 *Persiapan di Lapangan*

3.4.2.1 *Persiapan Tanah*

Tanah yang dipersiapkan sebagai media tumbuh bagi tanaman jagung dan titonia di lapangan adalah ordo Ultisol dengan kemiringan lahan 8 %. Tanah dibersihkan dari gulma dan diolah sampai gembur. Kemudian dibuat petak ukuran 2 m x 3.6 m sebanyak 18 petak. Di setiap petak diberi kapur dolomit setara 500 kg/ha

atau 0,1 kg/baris (2 m), pemberian kapur berdasarkan rekomendasi hasil penelitian Hakim (2007). Selain itu, petak (lorong) yang ditanami jagung diberi kompos titonia bercampur kompos kedelai, kemudian diinkubasi selama 2 minggu.

Petak-petak percobaan tersebut dibatasi dengan lembaran seng plat dengan lebar 30 cm (15 cm muncul diatas permukaan tanah dan 15 cm tertanam didalam tanah). Bagian bawah petak percobaan diberi saluran (got) penampung aliran permukaan dan erosi, yang terbuat dari paralon dengan ukuran (200 x 12 x 11) cm. Ujung saluran penampung diberi corong dan dihubungkan ke sebuah kantong plastik besar sebagai penampung akhir. Untuk lebih jelasnya penampang petak percobaan erosi di lapangan dapat dilihat pada Lampiran 7.

3.4.2.2 *Penyiapan Pagar Lorong*

Titonia yang dipelihara di rumah kawat selama 2 bulan kemudian dipindahkan ke lapangan pada lahan yang telah dipersiapkan sebagai pagar lorong dengan ukuran 2 m x 0.8 m. Dalam hal ini setiap pagar lorong terdiri atas 8 rumpun titonia yang ditanam dalam dua baris dengan jarak tanam 40x50 cm.

3.4.2.3 *Pemupukan dan Penanaman Jagung*

Tanah yang telah dipersiapkan diberi pupuk N, P dan K yang ditimbang sesuai ketentuan perlakuan (rekomendasi pemupukan 444 kg Urea/ha, 250 kg SP-36/ha dan 400 kg KCl /ha) dan diberikan kedalam parit disamping baris tanam sekaligus pada saat tanam, kecuali pupuk N diberikan dua tahap yaitu saat tanam dan tiga minggu setelah tanam. Pemupukan tanaman jagung dilakukan dengan

mensubstitusi kebutuhan N dan K pupuk buatan tanaman jagung (200 kg N dan 200 kg K) sebanyak 50 % dengan N dan K dari kompos titonia dan kedelai, sedangkan kebutuhan P 100 % dari pupuk buatan.

Takaran kompos titonia dan kedelai sebagai sumber bahan organik dan sekaligus sumber unsur hara, dihitung berdasarkan kadar N titonia 3 % N dan kedelai 3 % N, dengan kadar air masing-masing 168 % dan 37 % (KKA = 2.68 dan 1.37), dengan dosis acuan untuk jagung 200 kg N/ha. Untuk 50 % N dari titonia adalah 100 kg N/ha atau 0.056 kg N/petak/5,6 m². Jadi untuk 18 petak percobaan membutuhkan 1,008 kg N. Untuk 18 petak percobaan dibutuhkan kompos titonia sebanyak 19 kg dan kompos kedelai sebanyak 36.32 kg.

Penanaman dilakukan dengan membenamkan satu biji jagung kedalam lubang tanam pada kedalaman 5 cm dengan jarak tanam 70 cm antar baris dan 20 cm dalam baris. Setelah satu minggu penanaman, dilakukan penyisipan pada biji yang tidak tumbuh.

3.4.2.4 Pemeliharaan dan Panen Titonia Pagar Lorong

Ketika titonia dipindahkan ke lapangan diberikan pupuk buatan untuk tahap ke 2, kemudian ditambah pupuk kandang dengan takaran 500 g/rumpun. Setelah titonia berumur 2 bulan dilapangan dilakukan pemangkasan. Ditimbang berat basah dan kering kemudian dianalisis kandungan hara N, P dan K titonia. Pemangkasan ke II dilakukan 2 bulan setelah pemangkasan I.

3.4.2.5 Pemeliharaan dan Panen Jagung

Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan sehari sekali, pagi atau sore jika tidak ada hujan selama satu minggu berturut-turut. Penyiangan dilakukan setiap ada gulma yang tumbuh, baik di atas petak percobaan maupun disekitarnya dengan cara manual. Hasil penyiangan dibuang keluar petak percobaan. Untuk menghindari serangan hama tanaman disekitarnya disemprot dengan Decis 2,5 EC (0,04%) dan Curacron setiap dua minggu sekali secara bergantian. Untuk mencegah penyakit benih jagung di beri Dithane M₄₅ dan pencegahan bulai diberi Rhidomil. Untuk menghindari lalat bibit tiap lubang tanam diberi kurater sebanyak 1g pada saat tanam. Panen tanaman jagung dilakukan setelah berumur 90 hari dengan ciri-ciri kelobot berwarna kuning, biji sudah cukup keras dan mengkilap, dipangkal biji sudah ada garis hitam dan apabila ditusuk kuku ibu jari tidak meninggalkan bekas.

3.4.3 Pengamatan

Pengamatan meliputi pengamatan di lapangan dan pengamatan di laboratorium. Pengamatan di lapangan meliputi curah hujan, tanah tererosi, jumlah aliran permukaan, berat kering titonia, produksi jagung dan bobot kering jerami jagung. Analisis di laboratorium meliputi analisis tanah dan tanaman. Prosedur analisis tanah dan tanaman di laboratorium disajikan pada Lampiran 8 dan 9.

3.4.3.1 Pengamatan di Lapangan

a. Jumlah Curah Hujan

Pengamatan curah hujan di lapangan dengan mempergunakan alat penakar hujan yang dibuat dari dirigen air. Dirigen air ini diletakkan di sekitar lokasi penelitian, dengan volume dirigen adalah 20 liter, sedangkan diameter corong 6.8 cm. Cara menghitung curah hujan adalah jumlah air yang tertampung dalam dirigen dibagi dengan luas tempat air masuk (luas corong dirigen).

b. Jumlah tanah tererosi pada setiap kejadian hujan

Besarnya erosi tanah diukur berdasarkan banyaknya tanah yang tertampung di dalam kantong plastik selama hujan dari tiap petak perlakuan. Pengamatan dibatasi hanya selama 4 bulan atau sama dengan umur tanaman jagung. Cara pengukuran tanah yang tererosi adalah tanah dipisahkan dengan air, berat tanah ditimbang (X g), sampel tanah diambil (Y g), keringkan lalu ditimbang (Z g). Hitung bobot tanah tanpa air dengan rumus :

$$\frac{X}{Y} \times Z = K$$

Kemudian air yang telah dipisahkan dengan tanah tadi dimasukkan kedalam ember, diukur volumenya (a l). Ambil air tersebut sebanyak (b l), biarkan mengendap sampai jernih, buang airnya, keringkan tanahnya kemudian timbang (c g). Bobot tanah yang berada dalam air dihitung, dengan rumus :

$$\frac{a}{b} \times c = d$$

Jadi jumlah tanah tererosi adalah $K + d$ (g/7.2 m²), dikonversi ke ton/ha

c. Jumlah Aliran Permukaan pada Setiap Kejadian Hujan

Pengamatan jumlah aliran permukaan dilakukan setiap kejadian hujan, yang dimulai 1 minggu setelah tanam. Besarnya jumlah aliran permukaan adalah banyaknya air yang tertampung di dalam kantong plastik yang telah dipisahkan dengan tanah (a l). Cara menghitungnya adalah jumlah air yang kita dapatkan selama 4 bulan misalkan (x l) dalam luas petakan 7.2 m^2 , setelah itu dikonversikan kedalam 1 ha (10000 m^2) sehingga didapatkan x l/ha. Kemudian x l/ha dikonversikan ke m^3/ha sebagai aliran permukaan selama 4 bulan pengamatan.

d. Pengamatan titonia

Pengamatan terhadap titonia sebagai pagar lorong meliputi bobot biomass segar, kering, tinggi tanaman dan penutupan tanah oleh tajuk tanaman.

e. Pengamatan produksi jagung

Berat biji kering tanaman tiap petak ditimbang setelah biji dipipil dari tongkol yang telah dikeringkan (kg/petak), kemudian dikonversikan ke ton/ha. Kadar air biji ditetapkan dengan mengambil sampel tiap petak, kemudian diovenkan pada suhu 105°C selama 2×24 jam atau sampai bobotnya tetap. Berat biji perpetak dikonversikan ke berat pada kadar air 14 %. Untuk menghitung persen kadar air pada saat pengukuran digunakan rumus :

$$\% \text{ KA saat pengukuran} = \frac{\text{Berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100 \% = X\%$$

Berdasarkan kadar air sampel, berat biji untuk tiap petak dikonversikan ke bobot tetap, dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Bobot kering tetap} = \frac{\text{Bobot saat pengukuran}}{1 + X} = Y$$

$$\text{Berat kering KA } 14 \% = Y \times 1,14$$

f. Pengamatan bobot kering jerami jagung

Bobot kering jerami jagung tiap petak ditimbang saat panen (kg/petak), kemudian dikonversikan ke ton/ha. Kadar air jerami ditetapkan dengan mengambil sampel tiap petak, kemudian diovenkan pada suhu 65°C selama 2×24 jam atau sampai bobotnya tetap. Untuk menghitung persen kadar air pada saat pengukuran digunakan rumus :

$$\% \text{ KA saat pengukuran} = \frac{\text{Berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100 \% = X \%$$

Berdasarkan kadar air sampel, berat kering jerami untuk tiap petak dikonversikan ke bobot tetap, dengan rumus berikut :

$$\text{Bobot kering tetap} = \frac{\text{Bobot saat pengukuran}}{1 + X}$$

3.4.3.2 Pengamatan di Laboratorium

a. Analisis tanah

Analisis tanah yang dilakukan adalah analisis awal dan analisis tanah setelah diinkubasi dengan kompos. Analisis awal dan setelah diinkubasi meliputi analisis C organik dengan metoda Walkey and Black , pH H_2O (1 : 1) dan pH KCl (1 : 1) dengan metoda elektrometrik, Al dapat ditukar dengan metoda volumetric, N-total dengan metoda Kjeldahl, P-tersedia dengan metoda Bray II, K-dd, Mg-dd dan Ca-dd

dengan metoda pencucian Amonium Asetat pH 7. Sedangkan untuk analisis ciri fisika seperti Berat Volume (BV). Pada tanah yang tererosi juga diamati kadar unsur hara N-total , P tersedia, K, Ca dan Mg dapat ditukar.

b. Analisis hara N, P dan K titonia

Tanaman titonia yang telah dikeringkan batang dan daunnya dalam oven pada suhu 60°C sampai berat kering tetap (2x24 jam), kemudian dipotong - potong dan dihaluskan dengan grinder. Kemudian bahan tanaman didestruksi basah dengan H₂SO₄ dan H₂O₂. Hasil destruksi ini digunakan untuk analisis N, P dan K titonia. Dilakukan analisis N dengan metoda Kjeldahl, pengukuran P dengan Spektrofotometer dan pengukuran K dengan Flamephotometer. Rumus yang digunakan untuk menghitung serapan N, P dan K oleh tanaman adalah :

Serapan N/tanaman = % N tanaman x berat kering tanaman

Serapan P/tanaman = % P tanaman x berat kering tanaman

Serapan K/tanaman = % K tanaman x berat kering tanaman

Selanjutnya metoda dan prosedur analisis tanaman di laboratorium dapat dilihat pada Lampiran 9.

3.4.4 Analisis Data

Semua data yang diperoleh dari hasil pengamatan lapangan dan laboratorium akan dianalisis secara statistik dengan uji F. Jika berbeda nyata, maka akan dilakukan uji lanjut dengan uji BNJ pada taraf 5 %.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

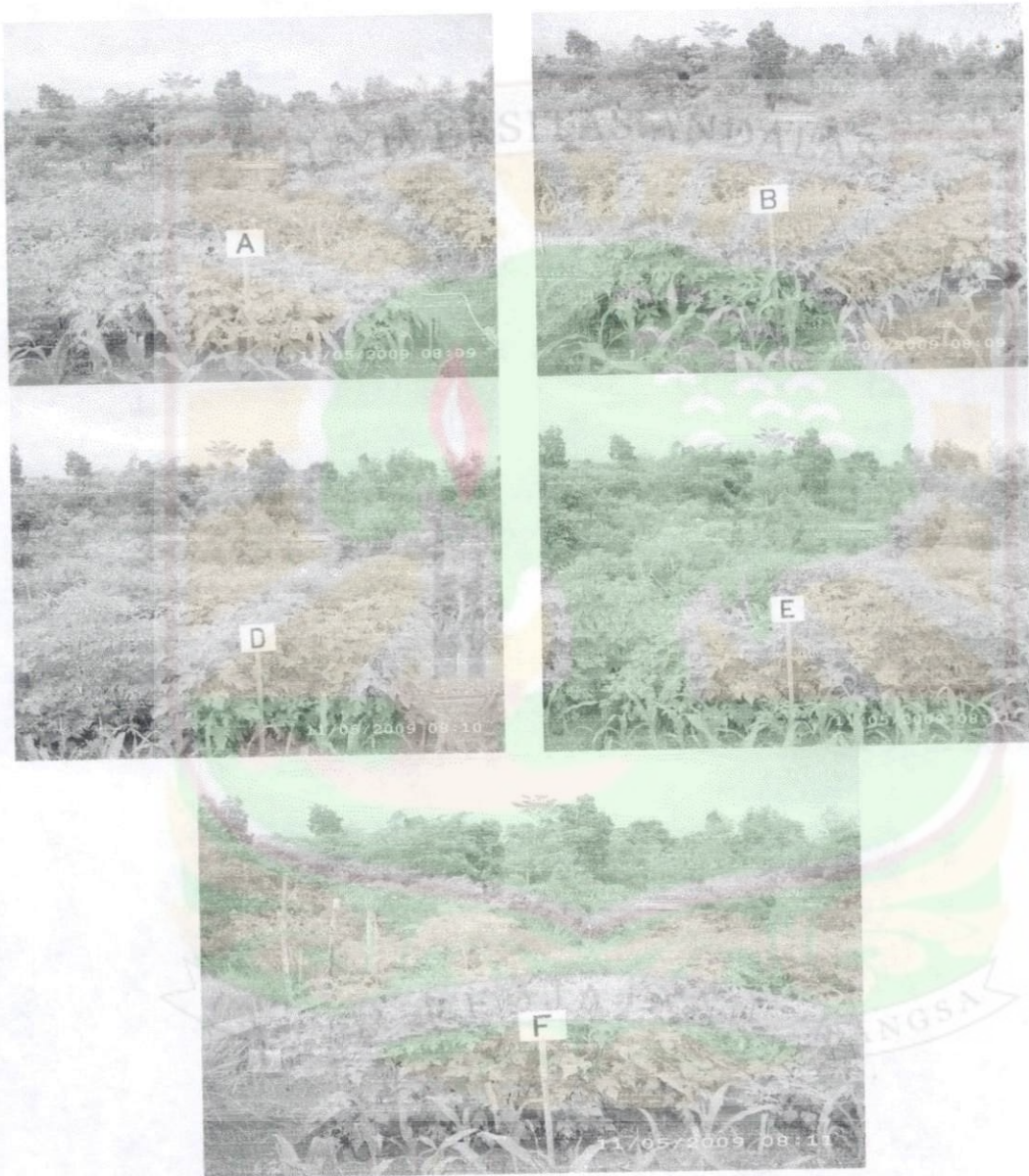
4.1 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Pertumbuhan Titonia sebagai Pagar Lorong.

Pagar lorong titonia bertujuan untuk mengurangi erosi, sedangkan jamur dan bakteri bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan titonia, sehingga lebih mampu mengurangi erosi.

Jamur dan bakteri yang digunakan dalam penelitian adalah jamur dan bakteri yang berhasil diisolasi dari rhizosfir titonia (Hakim *et al.*, 2008). Jamur dan bakteri tersebut meliputi jamur pelarut pospat (JPF), mikoriza, bakteri pelarut fosfat (BPF), *Azotobacter* dan *Azospirillum*. Perlakuan meliputi titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri atau kontrol, tanpa pagar lorong titonia, selanjutnya merupakan kombinasi reinokulasi isolat gabungan jamur dan bakteri seperti yang dijelaskan pada halaman 42.

Pengaruh reinokulasi gabungan jamur dan bakteri terhadap pertumbuhan titonia, ditampilkan pada Gambar 7 dan 8. Pada Gambar 7 dapat dilihat, bahwa pertumbuhan titonia yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri (B – F) lebih baik dari pada yang tidak direinokulasi (A) setelah 2 bulan di lapangan. Titonia yang direinokulasi memperlihatkan tajuk titonia dengan daun yang lebih rimbun, ukuran daun yang lebih besar (Gambar 7) dan memiliki pertumbuhan cabang yang lebih banyak (Gambar 8). Pada Gambar tampak bahwa titonia yang direinokulasi dengan

mikoriza + JPF (D) tumbuh lebih baik daripada perlakuan yang lain (B, E dan F). Gambar tersebut menunjukkan betapa besarnya peran dari jamur bagi pertumbuhan titonia.

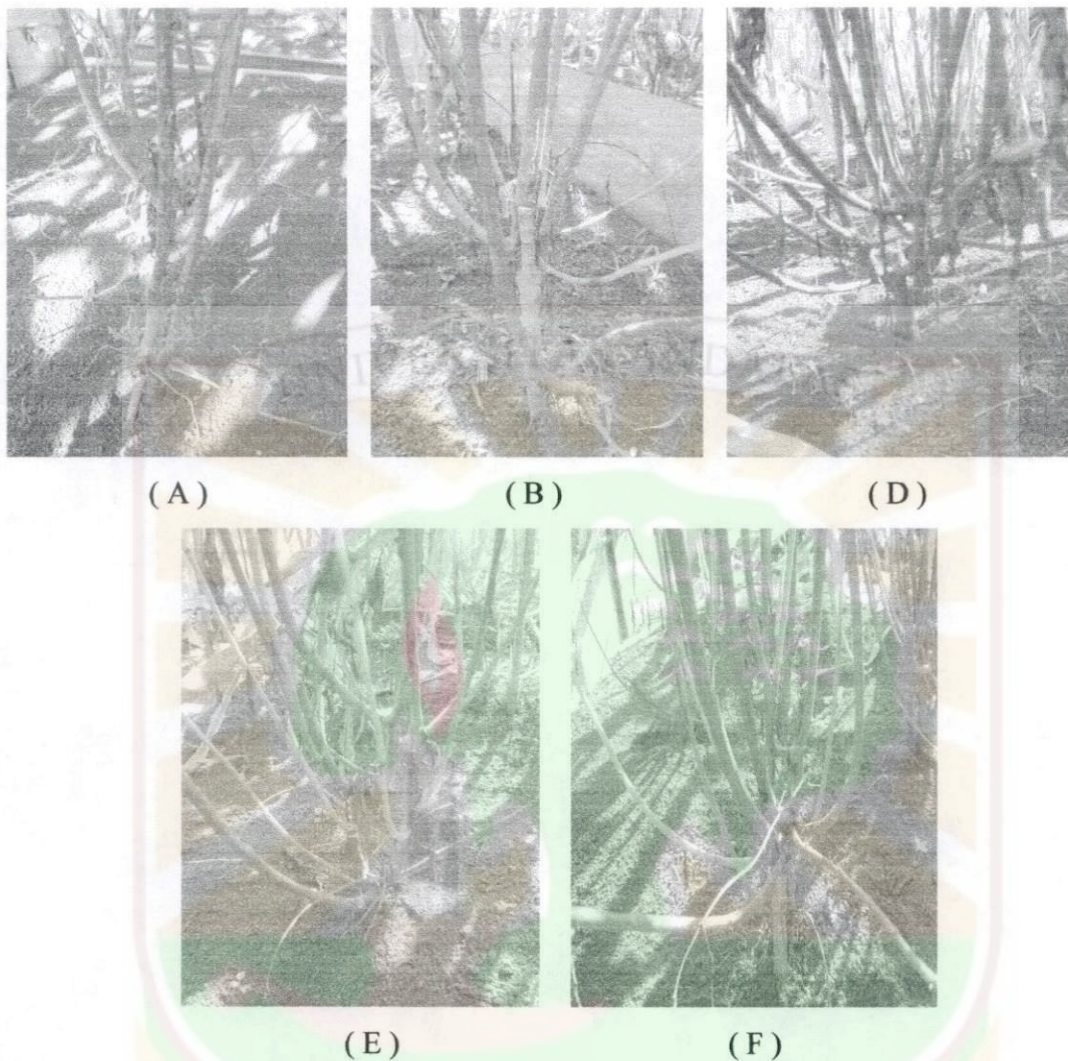


Gambar 7. Pertumbuhan titonia sebagai pagar lorong yang dipengaruhi reinokulasi jamur dan bakteri

Keterangan :

A = titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri
C = tanpa pagar lorong titonia
E = mikoriza + BPF

B = mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*
D = mikoriza + JPF
F = mikoriza + JPF + BPF



Gambar 8. Pertumbuhan cabang titonia sebagai pagar lorong yang dipengaruhi reinokulasi jamur dan bakteri

Keterangan :

- | | |
|---|---|
| A = titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri | B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i> |
| C = tanpa pagar lorong titonia | D = mikoriza + JPF |
| E = mikoriza + BPF | F = mikoriza + JPF + BPF |

Hasil analisis sidik ragam pada Lampiran 14 menunjukkan bahwa perlakuan reinokulasi jamur dan bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi titonia sebelum pangkas I, tetapi berpengaruh nyata terhadap titonia sebelum pangkas II. Berdasarkan hasil pengukuran tinggi titonia (Tabel 4), terlihat bahwa

reinokulasi jamur dan bakteri meningkatkan pertumbuhan titonia. Peningkatan tinggi titonia akibat reinokulasi jamur dan bakteri secara angka-angka meningkat sekitar 23.62 – 37.91 % sebelum pangkas I dan sekitar 12.31 – 21.08 % sebelum pangkas II bila dibandingkan dengan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri. Jika dibandingkan dengan pangkas I, tampaknya tinggi tanaman lebih tinggi pada pangkas II. Pada pangkas I tinggi tanaman beragam dari 60.67 – 83.67 cm, sedangkan pada pangkas II tinggi titonia menjadi 2 kali lipat daripada pangkas I yaitu sekitar 159.67 – 193.33 cm. Lebih tingginya tanaman pada pangkas II, dapat disebabkan oleh perkembangan akar yang sudah lebih bagus, sehingga dapat menyerap air dan hara lebih banyak dari lapisan yang lebih dalam. Penyerapan hara yang lebih banyak tersebut tampaknya telah mendorong pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik.

Tabel 4. Hasil pengukuran tinggi titonia yang dipengaruhi reinokulasi dengan beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.

Perlakuan	Tinggi (cm)		% kenaikan terhadap kontrol	
	Pangkas I	Pangkas II	Pangkas II	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	60.67 c	159.67 e	0.00	0.00
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	75.00 b	179.33 d	23.62	12.31
D = mikoriza + JPF	83.67 a	193.33 a	37.91	21.08
E = mikoriza + BPF	76.67 b	186.67 b	26.37	16.91
F = mikoriza + JPF + BPF	75.33 b	182.33 c	24.16	14.19

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%

Pada Tabel 4, terlihat bahwa bila dibandingkan terhadap titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri, peningkatan tertinggi dijumpai pada perlakuan gabungan mikoriza + JPF, yakni 23 cm (37.91 %) sebelum pangkas I dan 33.66 cm (21.08 %) sebelum pangkas II. Setelah itu diikuti oleh gabungan mikoriza + BPF (E), mikoriza + JPF + BPF (F), dan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* (B) dengan peningkatan berturut-turut sebesar 16 cm, 14.66 cm, dan 14.33 cm sebelum pangkas I, dan 27 cm, 22.66 cm, 19.66 cm sebelum pangkas II.

Lebih tingginya pertumbuhan titonia pada perlakuan mikoriza + JPF dan mikoriza + BPF daripada mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* diperkirakan *Azotobacter* + *Azospirillum* kurang cocok untuk digabungkan karena terjadi persaingan (kompetisi) didalam mendapatkan nutrisi, sehingga tidak ada kelompok bakteri yang dominan aktivitasnya untuk memacu tinggi titonia. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Sutanto (2002) bahwa apabila inokulan *Azotobacter* digabung dengan *Azospirillum*, maka *Azospirillum* lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Lebih dominannya pengaruh mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF dapat dikaitkan dengan miskinnya hara P, sehingga peran ketiga mikroba tersebut sangat besar dalam menyerap P dan mendorong pertumbuhan tanaman. Nursanti *et al.*, (2008 *cit* Madjid, 2009) menjelaskan bahwa perlakuan bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah masam, yang tampak pada parameter tinggi tanaman 10 dan 45 HST, berat basah, berat kering, berat basah akar, berat kering akar, luas daun serta kadar P.

Sebelum pangkas I reinokulasi gabungan perlakuan B, E, dan F terhadap tinggi tanaman berbeda secara angka-angka, namun tidak nyata secara statistik. Bila dibandingkan dengan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri, ketiganya memperlihatkan tinggi yang berbeda nyata seperti halnya dengan perlakuan D. Berbeda pada sebelum pangkas II dimana ke 4 perlakuan memperlihatkan perbedaan yang nyata dengan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (kontrol). Dengan demikian dapat dinyatakan, bahwa semua perlakuan dapat meningkatkan tinggi titonia, sedangkan untuk mencapai peningkatan tinggi titonia terbaik dapat dilakukan dengan reinokulasi gabungan mikoriza + JPF (D).

4.2 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Bahan Kering Titonia sebagai Pagar Lorong

Pengaruh reinokulasi jamur dan bakteri terhadap titonia berupa bahan kering titonia disajikan dalam Tabel 5 dengan sidik ragam pada Lampiran 14. Analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri meningkatkan bahan kering titonia secara nyata. Pada Tabel 5 tampak bahwa, reinokulasi titonia dengan jamur dan bakteri telah meningkatkan hasil bahan kering yang cukup tinggi. Hasil bahan kering meningkat sebesar 17.46 – 30.95 % pada pangkasan I dan 5.2 – 38.8 % pada pangkasan II dibandingkan dengan kontrol, dan berbeda nyata secara statistik, kecuali terhadap gabungan mikoriza + *Azotobakter* + *Azospirillum* (B) pada pangkasan II. Rendahnya persentase kenaikan terhadap kontrol pada gabungan mikoriza + *Azotobakter* + *Azospirillum* (B) karena gabungan

Azotobakter + *Azospirillum* kurang cocok untuk digabungkan akibatnya terjadi persaingan didalam mendapatkan makanan, sehingga hasil pangkasan II hanya sedikit mengalami kenaikan terhadap kontrol yaitu sekitar 0.05 kg/1.6 m^2 (5.2 %).

Tabel 5. Hasil bahan kering titonia yang dipengaruhi reinokulasi dengan beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.

Perlakuan	Bahan kering (kg/1.6 m^2)		Total I dan II (g/1.6 m^2)	Perkiraan 6xpangkas (ton/ha/th)	% kenaikan terhadap kontrol	
	Pangkas I	Pangkas II			Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa agen hayati)	0.45 c	0.90 b	1.35	5.06	0.00	0.00
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	0.53 b	0.95 b	1.48	5.56	17.46	5.2
D = mikoriza + JPF	0.58 a	1.25 a	1.83	6.90	27.78	38.8
E = mikoriza + BPF	0.57 a	1.11 a	1.68	6.31	26.19	23.8
F = mikoriza + JPF + BPF	0.59 a	1.12 a	1.71	6.43	30.95	24.4

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Tingginya bahan kering titonia hasil pangkasan II (Tabel 5), yaitu sekitar $0.9 - 1.25 \text{ kg/1.6 m}^2$ daripada hasil pangkasan I sekitar $0.45 - 0.59 \text{ kg/1.6 m}^2$, disebabkan oleh semakin berkembangnya perakaran tanaman, yang memungkinkan penyerapan hara lebih banyak. Akibatnya, mendorong pertumbuhan yang lebih baik yaitu lebih tingginya tanaman seperti telah dikemukakan sebelumnya, sehingga menghasilkan bobot kering tanaman yang lebih berat pada pangkasan II.

Reinokulasi gabungan jamur dan bakteri yang memperlihatkan peningkatan bahan kering titonia terbaik pada pangkasan I, ditemui pada reinokulasi gabungan mikoriza + JPF + BPF sebesar 0.14 kg/1.6 m^2 (30.95 %) dibandingkan kontrol. Berikutnya diikuti oleh gabungan mikoriza + JPF meningkat sebesar 0.13 kg/1.6 m^2

atau 27.78 %, kemudian gabungan mikoriza + BPF sebesar 0.12 kg/1.6 m² atau 26.19 % dan agak jauh dibawahnya gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* sebesar 0.08 kg/1.6 m² atau meningkat 17.46 % dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan pada pangkasan II peningkatan bahan kering titonia terbaik terdapat pada reinokulasi gabungan mikoriza + JPF sebesar 0.35 kg/1.6 m² (38.8 %), kemudian diikuti oleh reinokulasi gabungan mikoriza + JPF + BPF dengan peningkatan sebesar 0.22 kg/1.6 m² (24.4 %), sedikit dibawahnya reinokulasi gabungan mikoriza + BPF dengan peningkatan sebesar 0.21 kg/1.6 m² (23.8 %), sedangkan reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* sebanyak 0.05 kg/1.6 m² (5.2 %) dibandingkan kontrol. Hasil bahan kering titonia pada reinokulasi gabungan perlakuan D, E dan F berbeda secara angka-angka, namun berbeda tidak nyata secara statistik. Akan tetapi, jika dibandingkan dengan kontrol, maka ketiganya memperlihatkan hasil bahan kering yang berbeda nyata, kecuali perlakuan B pada pangkasan II.

Dari Tabel 5, tampak bahwa reinokulasi gabungan mikoriza + JPF, mikoriza + BPF dan Mikoriza + JPF + BPF meningkatkan hasil bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*. Adanya reinokulasi mikoriza diperakaran tanaman akan membantu penyerapan hara terutama P. Demikian pula JPF dan BPF yang merupakan jamur dan bakteri yang mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Dengan digabungnya mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF maka kemampuan dalam meningkatkan unsur P menjadi lebih besar. Unsur P sangat

dibutuhkan tanaman terutama untuk pertumbuhan dan perkembangan akar. Dengan berkembangnya perakaran tanaman, memungkinkan penyerapan unsur hara menjadi lebih optimal. Serapan hara yang cukup dan berimbang, akan membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman, sehingga meningkatkan bahan kering tanaman.

Beberapa peneliti mengemukakan, bahwa efektifnya JPF dan BPF tidak hanya disebabkan oleh kemampuannya dalam meningkatkan kelarutan P, tetapi juga disebabkan karena kemampuannya dalam menghasilkan zat pengatur tumbuh, seperti asam indolasetat (IAA) dan asam giberelin (GA_3) (Arshad dan Frankenberger, 1993; Patten Glick, 1996 *cit* Dewi, 2007). Zat pengatur tumbuh tersebut diduga telah berperan dalam meningkatkan bahan kering titonia pada Ultisol.

Rendahnya bahan kering yang dihasilkan oleh reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* diperkirakan *Azotobacter* + *Azospirillum* seperti dikemukakan sebelumnya, mungkin karena kurang cocok untuk digabungkan. Diduga telah terjadi persaingan (kompetisi) didalam mendapatkan nutrisi, sehingga tidak ada kelompok bakteri yang dominan aktivitasnya untuk memacu pertumbuhan titonia. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Sutanto (2002) bahwa apabila inokulan *Azotobacter* digabung dengan *Azospirillum*, maka *Azospirillum* lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal yang sama juga ditemukan oleh Asman (2009), bahwa titonia yang dipelihara dirumah kaca yang direinokulasi dengan BPF menghasilkan bahan kering titonia sebesar 17.09 g/pot, sedangkan reinokulasi dengan *Azotobacter* sebesar 14.58 g/pot, dan reinokulasi dengan

diikuti oleh gabungan mikoriza + JPF + BPF dan gabungan mikoriza + BPF. Tampaknya reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobakter* + *Azospirillum* kurang memperlihatkan peningkatan kandungan hara N titonia.

4.3.2 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Hasil Hara P Titonia sebagai Pagar Lorong

Hasil analisis ragam pada Lampiran 14, menunjukkan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri meningkatkan hasil P titonia secara nyata. Hasil hara P pada perlakuan yang direinokulasi jamur dan bakteri (B-F) memperlihatkan hasil yang lebih tinggi, yakni meningkat berkisar 41.79 – 93.28 % pada pangkasan I dan 91.91 – 197.11 % pada pangkasan II, jika dibandingkan dengan kontrol (A) (Tabel 7). Untuk % kadar hara P titonia terdapat pada Lampiran 10.

Tabel 7. Hasil hara P titonia yang dipengaruhi reinokulasi beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.

Perlakuan	Hasil P Titonia (g/1.6 m ²)		Total P I dan II (g/1.6 m ²)	Perkiraan 6xpangkas (kg/ha/th)	% kenaikan terhadap kontrol	
	Pangkas I	Pangkas II			Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	1.34 d	1.73 e	3.07	11.51	0.00	0.00
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	1.93 c	3.32 d	5.25	19.69	41.79	91.91
D = mikoriza + JPF	2.59 a	5.14 a	7.73	28.99	93.28	197.11
E = mikoriza + BPF	2.49 b	4.78 b	7.27	27.26	85.82	176.30
F = mikoriza + JPF + BPF	2.47 b	4.68 c	7.15	26.81	84.33	170.52

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Pengaruh reinokulasi gabungan terbaik terhadap hasil hara P titonia diperlihatkan oleh gabungan mikoriza + JPF (D) yakni 2.59 g/1.6 m^2 (93.28 %) pada pangkasan I dan 5.14 g/1.6 m^2 (197.11 %) pada pangkasan II, setelah itu diikuti oleh gabungan mikoriza + BPF sebesar 2.49 g/1.6 m^2 (85.82 %) pada pangkasan I dan 4.78 g/1.6 m^2 (176.30 %) pada pangkasan II. Secara angka-angka D dan E pada pangkasan I berbeda, namun berbeda tidak nyata secara statistik. Kemudian, sedikit dibawahnya gabungan mikoriza + JPF + BPF (F) senilai 2.47 g/1.6 m^2 (84.33 %) pada pangkasan I dan sebanyak 4.68 g/1.6 m^2 (170.52 %) pada pangkasan II, sedangkan gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* (B) hanya mampu menyumbangkan hara P sebesar 1.93 g/1.6 m^2 (41.79 %) pada pangkasan I dan sebesar 3.32 g/1.6 m^2 (91.91 %) pada pangkasan II dan berbeda nyata secara statistik, dibandingkan kontrol.

Hasil P titonia pada reinokulasi gabungan mikoriza + JPF dan mikoriza + BPF (Tabel 7) lebih tinggi dari pada reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*, karena mikoriza mampu menyerap P pada konsentrasi yang sangat rendah dimana akar tanaman tidak mampu menyerapnya. Semakin rendah konsentrasi P dalam larutan tanah, maka peranan mikoriza semakin efektif, terutama pada Ultisol yang miskin P. Simanungkalit (2007) menyatakan, bahwa mikoriza berperan meningkatkan serapan P oleh akar tanaman. Mikoriza memiliki struktur hifa yang menjalar luas ke dalam tanah, melampaui jauh jarak yang dapat dicapai oleh rambut akar. Pada saat P berada di sekitar rambut akar, maka hifa membantu menyerap P di tempat-tempat yang tidak dapat lagi dijangkau rambut akar. Daerah

akar bermikoriza tetap aktif dalam menyerap hara untuk jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan akar yang tidak bermikoriza. Sedangkan JPF dan BPF merupakan jamur dan bakteri yang mampu meningkatkan kelarutan P didalam tanah, sehingga tersedia bagi tanaman. Kerjasama antara mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF tampaknya lebih banyak dalam meningkatkan senyawa P tanah.

Hutami (2000 *cit* Madjid, 2009) menjelaskan bahwa inokulasi jamur pelarut fosfat dicampur dengan mikoriza meningkatkan pertumbuhan kedelai, aktivitas penambatan N, dan serapan N dan P berturut-turut 7,8 kali, 1,3 kali, 8 kali, dan 10 kali. Tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan 50 kg P_2O_5 /ha dengan 100 kg P_2O_5 /ha pada pertumbuhan kedelai, aktivitas fiksasi N, dan serapan N dan P. Sehingga penggunaan jamur pelarut P dan mikoriza dapat menghemat 50 persen pemupukan P. Selanjutnya Madjid (2009) mengemukakan bahwa jamur pelarut fosfat terpilih mampu meningkatkan pelarutan fosfat hingga 245 kali dari kontrol (tanpa inokulasi) 0,60 ug/ml (pH 4,65) hingga 147,28 ug/ml (pH 2,9) dan bakteri pelarut fosfat 154 kali dari kontrol 2,56 ug/ml (pH 6,47) hingga 394,85 ug/ml (pH 5,1). Hal yang sama tampaknya juga terjadi pada reinokulasi mikoriza + JPF pada percobaan ini.

Tabel 7 memperlihatkan, bahwa dengan digabungnya mikoriza + JPF + BPF aktivitasnya dalam meningkatkan hasil P menjadi rendah. Hal tersebut diduga berhubungan dengan persaingan aktivitas hidup seperti nutrisi dan eksudat akar, sehingga pelarutan P tidak berjalan dengan baik. Namun jika mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF, aktivitas pelarutan P menjadi lebih tinggi sekitar 0.12 g/1.6 m² dan

0.02 g/1.6 m² dibandingkan mikoriza + JPF + BPF. Menurut Rubio *et al.*, (2000) yang mengisolasi rhizobacteria tanaman padi, menyatakan bahwa sumber C, vitamin dan senyawa-senyawa eksudat akar, sangat dibutuhkan jamur dan bakteri untuk menjalankan aktivitas hidupnya di dalam tanah. Kompetisi dalam memperoleh nutrisi akan menyebabkan terjadi reaksi antagonis berupa dihasilkan nya senyawa penghambat (*inhibitor*) bagi pertumbuhan jenis jamur dan bakteri lainnya. Hal itu, mungkin juga terjadi pada penggabungan mikoriza + JPF + BPF.

Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam diduga karena asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan AlPO₄, FePO₄, dan Ca(PO₄)₂. Dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al, Fe, dan Ca sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman (Subba rao, 1982b; Illmer et al., 1995). Menurut Illmer dan Schinner (1995), jenis bakteri (*Pseudomonas* sp dan *Pseudomonas aurantiogenum*) lebih efektif dalam melarutkan P dalam bentuk Ca-P seperti apatit dan brushit, sedangkan jenis fungi (*Aspergillus niger* dan *Penicillium simplicissimum*) lebih efektif dalam melarutkan P dari bentuk Al-P (Dewi, 2007).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri mampu meningkatkan hasil hara P titonia sebanyak 8.18 – 17.48 kg/ha/th dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (Tabel 7). Reinokulasi gabungan jamur dan bakteri terbaik dalam meningkatkan jumlah hara P titonia adalah dengan reinokulasi gabungan mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF.

4.3.3 Pengaruh Reinokulasi Jamur dan Bakteri terhadap Hasil Hara K Titonia sebagai Pagar Lorong

Hasil analisis ragam pada Lampiran 14, menunjukkan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri meningkatkan hasil K titonia secara nyata. Hasil K titonia dapat dilihat pada Tabel 8, sedangkan % kadar haranya pada Lampiran 10. Hasil hara K pada perlakuan yang direinokulasi jamur dan bakteri (B-F) memperlihatkan hasil yang lebih tinggi, yakni meningkat berkisar 67.82 – 128.29 % pada pangkasan I dan 37.12 – 159.04 % pada pangkasan II, jika dibandingkan dengan kontrol (A).

Tabel 8. Hasil hara K titonia yang dipengaruhi reinokulasi beberapa kombinasi jamur dan bakteri pada pangkas I dan II di lapangan.

Perlakuan	Hasil K Titonia (g/1.6 m ²)		Total K I dan II (g/1.6 m ²)	Prakiraan 6xpangkas (kg/ha/th)	% kenaikan terhadap kontrol	
	Pangkas I	Pangkas II			Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	10.72 d	15.84 e	26.56	99.60	0.00	0.00
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	17.99 c	21.72 d	39.71	148.91	67.82	37.12
D = mikoriza + JPF	23.64 b	41.03 a	64.67	242.51	120.55	159.04
E = mikoriza + BPF	23.26 b	34.82 b	58.08	217.80	116.98	119.85
F = mikoriza + JPF + BPF	24.47 a	27.79 c	52.26	195.98	128.29	75.47

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Pengaruh reinokulasi gabungan terbaik dalam meningkatkan K titonia pada pangkasan I diperlihatkan oleh reinokulasi gabungan mikoriza + JPF + BPF yaitu 24.47 g/1.6 m² (128.29 %), mikoriza + JPF sebesar 23.64 g/1.6 m² (120.55 %), mikoriza + BPF sebesar 23.26 g/1.6 m² (116.98 %) dan dibawahnya gabungan reinokulasi mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* sebesar 17.99 g/1.6 m² (67.82 %). Sedangkan pada pangkasan II reinokulasi gabungan terbaik dalam

meningkatkan K titonia diperlihatkan oleh reinokulasi gabungan mikoriza + JPF yaitu sebesar 41.03 g/1.6 m² (159.04 %). Pada pangkasan II, reinokulasi gabungan mikoriza + JPF + BPF dalam meningkatkan hasil K titonia mengalami penurunan, lebih rendah dari gabungan mikoriza + JPF dan gabungan mikoriza + BPF. Dengan digabungnya mikoriza + JPF + BPF, jumlah K titonia hanya mampu meningkat sebesar 11.95 g/1.6 m² dibandingkan kontrol. Jika berdiri sendiri antara gabungan mikoriza + JPF dan gabungan mikoriza + BPF, masing-masing mampu meningkatkan K titonia berturut – turut senilai 25.19 g/1.6 m² dan 18.98 g/1.6 m² dibandingkan kontrol. Seperti halnya hasil N dan P titonia gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* meningkatkan hasil K titonia jauh lebih rendah dari D, E dan F. Namun masih lebih tinggi secara nyata, jika dibandingkan dengan kontrol (A).

Reinokulasi gabungan mikoriza + JPF dan gabungan mikoriza + BPF pada pangkasan I berbeda secara angka-angka, namun berbeda tidak nyata secara statistik. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri dapat meningkatkan Jumlah K titonia. Gabungan terbaik dalam meningkatkan K titonia adalah reinokulasi gabungan mikoriza + JPF , diikuti oleh mikoriza + BPF dan mikoriza + JPF + BPF. Tampaknya reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* kurang memperlihatkan peningkatan kandungan hara K titonia.

Dengan reinokulasi jamur dan bakteri pada rhizosfir titonia hasil N, P dan K titonia berhasil ditingkatkan. Meningkatnya jumlah K titonia diduga berkaitan erat dengan serapan N dan P titonia. Menurut Soegiman (1982) unsur K banyak berperan dalam membangun sel-sel baru jaringan tanaman, begitu pula dengan P yang dapat

merangsang perkembangan rambut akar dan akar halus tanaman. Perkembangan akar yang baik, akan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara khususnya K, sehingga tidak mengherankan dengan reinokulasi hasil hara K titonia juga ikut meningkat.

Gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* memberikan hasil yang lebih rendah, baik itu bahan kering maupun jumlah N, P dan K. Asman (2009) melaporkan, bahwa total populasi *Azotobacter* dan *Azospirillum* pada rhizosfir titonia hanya 0.48 % dari total populasi rhizobacteria titonia. Sedangkan bakteri pelarut fosfat sekitar 0.93 % dari total populasi rhizobacteria titonia. Dari hasil ini dapat dilihat, bahwa BPF populasinya lebih banyak dari *Azotobacter* dan *Azospirillum*. Hasil ini akan lebih baik apabila didukung dengan teori perimbangan populasi, dimana implikasi dalam menginokulasi sebaiknya masing-masing isolat tidak diberikan dalam jumlah yang sama tetapi berimbang sesuai dengan kondisi alamnya. Hal ini semakin memperjelas kenapa mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* kurang memperlihatkan peningkatan bahan kering, N, P dan K titonia.

Dengan demikian dapat disimpulkan, bahwa reinokulasi mikoriza + JPF dan mikoriza + BPF terbaik dalam meningkatkan bahan kering serta hasil N, P dan K titonia. Dengan reinokulasi tersebut dapat dihasilkan bahan organik kering sebanyak 6.3 – 6.9 ton, sekitar 191.25 – 228.75 kg N, 27.26 – 28.99 kg P dan sekitar 217.8 – 242.51 kg K per hektar per tahun. Hasil tersebut cukup tinggi dibandingkan titonia tanpa reinokulasi yang dilaporkan Hakim (2005) yang menghasilkan bahan

organik kering sebanyak 6.5 ton, 150 kg N dan 156 kg K per hektar per tahun. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa reinokulasi jamur dan bakteri dapat meningkatkan bahan kering serta hasil N, P dan K titonia.

4.4 Curah Hujan

Jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan selama 4 bulan penelitian ditampilkan pada Tabel 9, sedangkan pengamatan lengkap pada Lampiran 11. Tabel 9 memperlihatkan jumlah curah hujan pada tiap bulannya > 100 mm. Berdasarkan klasifikasi iklim Mohr (1975 *cit* Kartasapoetra, 1986) curah hujan tersebut termasuk bulan basah, karena curah hujan perbulan > 100 mm, sedangkan bulan kering dengan curah hujan perbulan < 60 mm.

Besarnya curah hujan, intensitas hujan dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan. Besarnya curah hujan adalah tinggi air yang jatuh pada suatu areal tertentu yang dinyatakan dalam liter persatuan luas atau secara umum dinyatakan dalam milimeter (mm) tinggi air (Arsyad, 2000).

Tabel 9. Jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan selama penelitian 1 April – 31 Juli 2009 di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Bulan	Jumlah Hari Hujan (hari)	Jumlah Curah Hujan (mm)
April	6	156.8
Mei	6	225.4
Juni	6	267.3
Juli	5	369.5

Curah hujan yang > 200 mm/bulan, akan memberi peluang besar untuk terjadinya aliran permukaan dan erosi yang lebih besar pula. Apakah pagar lorong titonia yang direinokulasi dengan berbagai kombinasi jamur dan bakteri akan dapat mengurangi aliran permukaan dan erosi, akan dijelaskan berikutnya.

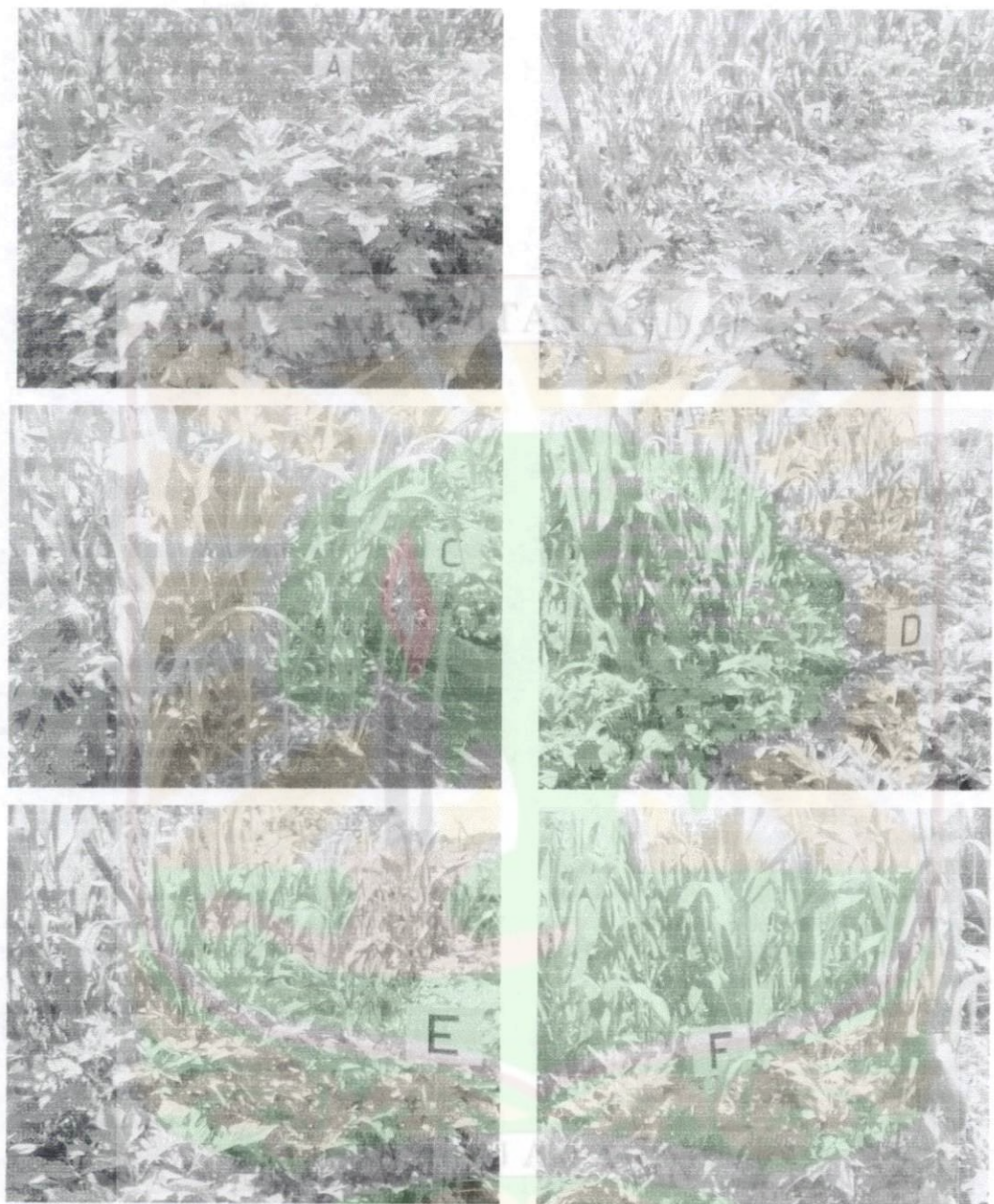
4.5 Penutupan Tanah oleh Vegetasi

Dari hasil pengamatan secara visual, tanaman jagung dan titonia sebagai pagar lorong sudah menutup tanah sekitar 90 % sejak berumur 60 hari (Gambar 9). Perbedaan penutupan tanah yang sangat kecil antar perlakuan kecuali pada perlakuan tanpa pagar lorong (C) memberikan perbedaan yang nyata terhadap aliran permukaan dan erosi. Menurut Arsyad (2000) tanaman yang menutupi permukaan tanah dengan rapat tidak hanya memperlambat aliran air, tetapi juga mencegah pengumpulan air secara cepat. Dengan demikian tanaman mampu mengurangi kehilangan tanah oleh air.

Hakim *et al.* (1986) menyatakan, bahwa permukaan tanah yang tertutup oleh vegetasi dapat menyerap energi tumbuk hujan sehingga mampu mempertahankan laju infiltrasi yang tinggi. Pengembalian sisa-sisa tanaman dan penambahan bahan organik lainnya sebagai mulsa di permukaan tanah mampu meningkatkan laju infiltrasi sebaik pengaruh vegetasi hidup. Fachri (1996) menyatakan, bahwa salah satu peranan vegetasi dalam mengurangi aliran permukaan adalah meningkatkan kapasitas menahan air. Rusman (1991) menjelaskan bahwa efektifitas tanaman dalam mengurangi aliran permukaan dan erosi dipengaruhi oleh tinggi tanaman, kontinuitas

daun, kerapatan tanaman dan sistim perakaran. Akar yang dalam serta banyak, juga dapat berperan dalam menahan air dan erosi. Cabang dan daun yang banyak serta rapat berfungsi menahan pukulan air hujan dan menggiring air hujan untuk turun melalui batang dan masuk bersama akar ke dalam tanah. Akhirnya aliran permukaan berkurang dan erosi menurun secara nyata.

Sarief (1985) menyatakan bahwa pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dapat dibagi dalam lima bagian, yakni (a) intersepsi hujan oleh tajuk tanaman, (b) mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak air, (c) pengaruh akar dan kegiatan-kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif, (d) pengaruh akar terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah, (e) transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Kelima faktor vegetasi pengendali erosi yang dikemukakan Sarief (1985) tersebut, tampaknya dipunyai oleh titonia. Oleh karena itu, titonia layak dijadikan tanaman pagar lorong yang sekaligus sebagai penghasil bahan organik dan unsur hara.



Gambar 9. Penutupan tanah oleh jagung pada Ultisol yang diberi titonia sebagai pagar lorong

Keterangan :

A = titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri
 C = tanpa pagar lorong titonia
 E = mikoriza + BPF

B = mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*
 D = mikoriza + JPF
 F = mikoriza + JPF + BPF

4.6 Bobot Volume Tanah

Hasil pengamatan berat volume tanah ditampilkan pada Tabel 10. Berdasarkan kriteria sifat kimia tanah (Lampiran 13) memperlihatkan bahwa berat volume tanah tergolong sedang yang berkisar antara 0,72 – 0,83 gram/cm³. Nilai berat volume ini sudah sedikit lebih rendah dari berat volume awal Ultisol, karena pada penanaman sebelumnya tanah ini telah diberi perlakuan bahan organik. Suyoko (2009) mengemukakan, bahwa berat volume Ultisol sebelum diberi perlakuan sebesar 1.02 g/cm³. Berat volume tanah tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan C (tanpa pagar lorong titonia) sebesar 0.83 g/cm³ dan yang terendah pada perlakuan D (mikoriza + JPF) sebesar 0.72 g/cm³.

Tabel 10. Berat volume tanah selama 4 bulan akibat pengaruh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong

No	Perlakuan	Bobot Pangkasan Titonia (kg)	Berat Volume (g/cm ³)
1	A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.05	0.78 s
2	B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.45	0.76 s
3	C = tanpa pagar lorong titonia	-	0.83 s
4	D = mikoriza + JPF	2.7	0.72 s
5	E = mikoriza + BPF	2.75	0.75 s
6	F = mikoriza + JPF + BPF	2.65	0.74 s

Ket : s = sedang

Berat volume tanah yang sedikit lebih rendah pada perlakuan pagar lorong dengan titonia (A, B ,D, E dan F) dibandingkan tanpa pagar lorong, disebabkan oleh penambahan pangkasan titonia sebagai sumber bahan organik ke dalam lorong. Adapun fungsi bahan organik, yaitu memperbaiki sifat fisik tanah dan salah satunya

dapat memperkecil bobot volume tanah. Bahan organik yang diberikan ke dalam tanah akan mengalami dekomposisi dan menjadi sumber energi bagi organisme tanah, yang mana proses dekomposisi bahan organik tersebut akan mengakibatkan terjadinya pembutiran agregat-agregat tanah. Terbentuknya pembutiran pada tanah menyebabkan ruang pori semakin banyak sehingga berat volume tanah menjadi rendah. Soepardi (1983) menyatakan bahwa bahan organik dapat merangsang pembutiran agregat tanah menjadi besar dan mantap serta dapat menurunkan berat volume tanah dan meningkatkan total ruang pori tanah.

Lebih lanjut Hardjowigeno (1987) menyatakan bahwa BV merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin poros/gembur suatu tanah makin rendah BV nya, yang berarti makin mudah meneruskan air atau ditembus akar tanaman. Kegemburan tanah akan langsung mempengaruhi kapasitas penyerapan air dan penerobosan akar tanaman kedalam tanah untuk mengintensifkan penyerapan udara, air dan unsur hara. Selanjutnya juga berperan dalam mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi.

Nilai bobot volume tanah pada titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri lebih kecil dibandingkan tanpa reinokulasi (Tabel 10) karena pengaruh dari besarnya pangkasan titonia yang dikembalikan sebagai mulsa. Titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri menghasilkan bahan kering yang lebih rendah (Tabel 5), berarti pengembalian pangkasan titonianya lebih kecil dibandingkan reinokulasi jamur dan bakteri. Titonia yang direinokulasi jamur dan bakteri bobot pangkasan titonia 2.45 – 2.75 kg, sedangkan titonia tanpa reinokulasi

hanya 2.05 kg. Semakin banyak pengembalian pangkasan titonia sebagai mulsa, maka akan semakin banyak sumbangan bahan organik kedalam tanah, maka BV akan semakin kecil.

4.7 Jumlah Aliran Permukaan dan Tanah Tererosi

Hasil analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri berpengaruh nyata terhadap penurunan aliran permukaan dan tanah tererosi. Hasil pengamatan jumlah aliran permukaan dan tanah tererosi ditampilkan pada Tabel 11 dan 12.

Tabel 11. Jumlah aliran permukaan pada Ultisol Limau Manis selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri.

No	Perlakuan	Aliran permukaan (m ³ /ha)	Penurunan terhadap kontrol (%)
1	A = titonia tanpa jamur dan bakteri	223.68 b	45.39
2	B = mikoriza + Azotobacter+ Azospirillum	95.44 c	76.70
3	C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	409.61 a	0.00
4	D = mikoriza + JPF	58.48 e	85.72
5	E = mikoriza + BPF	61.02 d	85.10
6	F = mikoriza + JPF + BPF	59.01 e	85.59

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Dari Tabel 11 dan 12 dapat dilihat bahwa pagar lorong titonia tanpa reinokulasi (A) maupun titonia yang direinokulasi jamur dan bakteri (B, D-F) memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan aliran permukaan dan tanah tererosi. Titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) sebagai pagar lorong

dapat mengurangi aliran permukaan secara nyata sebesar 185.93 m³/ha (45.39 %) dan mengurangi tanah tererosi sebanyak 1.07 ton/ha (52.20 %) dibandingkan perlakuan tanpa pagar lorong (kontrol).

Tabel 12. Jumlah tanah tererosi pada Ultisol Limau Manis selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri.

No	Perlakuan	Tanah tererosi (ton/ha)	Penurunan terhadap kontrol (%)
1	A = titonia tanpa jamur dan bakteri	0.98 b	52.20
2	B = mikoriza + Azotobacter+ Azospirillum	0.39 c	80.97
3	C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	2.05 a	0.00
4	D = mikoriza + JPF	0.17 e	91.71
5	E = mikoriza + BPF	0.18 d	91.22
6	F = mikoriza + JPF + BPF	0.17 e	91.71

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Penurunan tersebut dapat disebabkan oleh dua mekanisme. Pertama, akibat hambatan dari perakaran dan batang pagar lorong titonia yang berfungsi sebagai tanggul. Kedua, akibat hambatan dari pangkasan titonia yang dijadikan mulsa, karena ketika tanaman lorong berumur 1 bulan, titonia yang telah berumur 2 bulan dipangkas dan dimulsakan di antara baris tanaman. Akibatnya jumlah aliran permukaan tanah pada perlakuan tersebut berkurang dan partikel-partikel tanah yang hanyut bersama aliran permukaan sebahagian mengendap, sehingga tanah tererosi juga berkurang. Haryati, *et al.* (1995), melaporkan bahwa penerapan metode konservasi secara vegetatif dengan sistem budidaya lorong dapat menurunkan laju

erosi tanah sebesar 0,7 ton per hektar per tahun dan aliran permukaan sebesar 1,51 m³ per hektar per tahun pada musim ke-VI penanaman dengan produksi jagung 0,73 ton per hektar.

Pengembalian pangkasan titonia sebagai mulsa pada perlakuan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri menyebabkan penurunan aliran permukaan dan tanah tererosi jika dibandingkan kontrol tanpa pagar lorong titonia. Beberapa hasil penelitian pencegahan erosi pada tanah masam terutama pada tanah Ultisol berlereng 3–15 % menunjukkan bahwa penggunaan sisa-sisa tanaman (jerami padi dan jagung) sebagai mulsa yang disebar di atas permukaan tanah pada lahan pertanian pangan menurunkan laju erosi tanah sebesar 89 sampai hampir 100 % (Abdurachman *et al.*, 1985; Sudirman *et al.*, 1986; Sukmana dan Erfandi, 1988; Kurnia, 1996 *cit* Luthful, 2002). Triyono (2007) juga mengemukakan bahwa pemberian mulsa jerami dapat menekan laju erosi sebesar 75,6 % pada saat pertumbuhan vegetatif tanaman dan 14,8 % pada saat pertumbuhan generatif.

Selain itu, perakaran titonia sebagai pagar lorong juga memainkan peranan di dalam menurunkan aliran permukaan. Seperti yang diungkapkan oleh Kartasapoetra, Muljadi dan Soetedjo (1985), bahwa akar-akar tanaman berperan untuk memperbesar kapasitas infiltrasi tanah, serta dapat meningkatkan aktifitas biota tanah yang akan memperbesar porositas tanah serta stabilitas agregat tanah, sehingga dapat menurunkan aliran permukaan.

Pengaruh reinokulasi jamur dan bakteri terhadap titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi aliran permukaan sebesar $128.24 \text{ m}^3/\text{ha}$ (57.33 %) – $165.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ (73.86 %) dan tanah tererosi sebanyak 0.59 ton/ha (60.20 %) – 0.81 ton/ha (82.65 %) dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri. Pengaruh gabungan reinokulasi terbaik dalam menurunkan aliran permukaan dan tanah tererosi diperlihatkan oleh gabungan mikoriza + JPF (D) senilai $165.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ (73.86 %) untuk aliran permukaan dan penurunan tanah tererosi sebesar 0.81 ton/ha (82.65 %). Penurunan aliran permukaan dan tanah tererosi dibawahnya disebabkan oleh reinokulasi gabungan mikoriza + JPF + BPF (F) sebesar $164,67 \text{ m}^3/\text{ha}$ (73.62 %) aliran permukaan dan 0.81 ton/ha (82.65 %) untuk tanah tererosi. Dalam hal ini D dan F secara angka-angka berbeda, namun secara statistik berbeda tidak nyata. Dengan kata lain ke duanya memberikan pengaruh yang sama besarnya dalam memperkecil aliran permukaan dan tanah tererosi. Gabungan mikoriza + BPF (E) menurunkan aliran permukaan sebesar $162.66 \text{ m}^3/\text{ha}$ dan tanah tererosi sebesar 0.80 ton/ha (81.63 %). Gabungan mikoriza + *Azotobater* + *Azospirillum* (B) menurunkan aliran permukaan sebesar $128.24 \text{ m}^3/\text{ha}$ (57.33 %) dan tanah tererosi sebesar 0.59 ton/ha (60.20 %) bila dibandingkan dengan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A).

Reinokulasi gabungan perlakuan mikoriza + JPF memberikan penurunan aliran permukaan dan tanah erosi yang lebih besar ($165.2 \text{ m}^3/\text{ha}$) atau 73.86 % dan tanah tererosi (0.81 ton/ha) atau 82.65 % dibandingkan perlakuan lain, karena dari pertumbuhan (Gambar 7) dan bahan kering (Tabel 5) memperlihatkan pertumbuhan

dan jumlah bahan kering yang lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan lain (A, B, E dan F). Pertumbuhan titonia yang bagus dan bahan kering yang lebih tinggi, berarti memiliki biomassa yang lebih besar, daun yang lebih rimbun, ukuran daun yang lebih lebar, jumlah cabang yang lebih banyak (Gambar 8) sehingga penutupan lahannya lebih maksimal dan energi butir-butir hujan yang jatuh akan teredam oleh tajuk titonia ketika sampai di permukaan tanah akibatnya kekuatan perusak butir-butir hujan berkurang dan menjadi lebih kecil dari energi hujan yang jatuh langsung ke permukaan tanah, akhirnya aliran permukaan dan erosi menjadi kecil. Kartasapoetra, Mulyadi dan Soetodjo (1985) menambahkan bahwa perlindungan tanah oleh kanopi tanaman yang lebih sempurna dari pukulan butir-butir hujan, maka kerusakan tanah yang terjadi akan lebih sedikit. Dengan sendirinya pori aerase lebih baik dan permeabilitas akan semakin besar.

Semakin luas atau rapat tajuk tanaman semakin banyak air hujan yang dapat ditahan sementara oleh tanaman. Karena ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanaman, tidak langsung mengalir ke permukaan tanah, melainkan ditampung oleh tajuk, batang dan cabang. Setelah jenuh dengan air maka selanjutnya menetes ke tajuk, batang dan cabang di bawahnya sebelum akhirnya ke permukaan tanah atau bahkan diuapkan kembali ke atmosfer sebagai air intersepsi tajuk. Asdak (2002) mengemukakan, bahwa intersepsi dianggap faktor penting dalam daur hidrologi. Karena berkurangnya air hujan yang sampai di permukaan tanah oleh adanya proses intersepsi adalah cukup besar, yaitu 35 – 55 %. Dengan demikian dapat dinyatakan, bahwa semakin rapat tajuk titonia berarti semakin banyak jumlah air hujan yang

dapat ditahan sementara oleh tanaman, sehingga kesempatan untuk terjadinya penguapan juga menjadi lebih besar dan pada akhirnya aliran permukaan dan tanah tererosi menjadi kecil. Inilah yang menyebabkan aliran permukaan dan tanah tererosi pada perlakuan mikoriza + JPF (D) kecil.

Lebih tingginya bahan kering yang dihasilkan (Tabel 5) pada perlakuan gabungan mikoriza + JPF, berarti semakin banyak yang dikembalikan sebagai mulsa. Adapun fungsi mulsa yaitu melindungi tanah dari pukulan air hujan, mempertahankan kandungan bahan organik, menekan erosi dan mengurangi evaporasi tanah sehingga kelembaban tanah terjaga. Suyana (2003) mengemukakan, bahwa pemberian mulsa mengakibatkan kecepatan aliran permukaan berkurang, sehingga kapasitas transportasi aliran menurun. Karena permukaan tanah yang tertutup mulsa tidak mudah larut dan terbawa air. Selain itu, berat volume tanah (Tabel 10) lebih rendah dibandingkan perlakuan lain. Semakin rendah BV makin poros suatu tanah, berarti semakin mudah ditembus oleh akar tanaman dan kapasitas infiltrasi makin tinggi, yang pada akhirnya dapat mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi. Dari percobaan ini dapat dilihat, bahwa dengan adanya tanaman pagar titonia yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri sangat mempengaruhi terhadap besarnya erosi dan aliran permukaan.

Rendahnya kemampuan dari titonia yang direinokulasi dengan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* dalam mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi disebabkan oleh pertumbuhan titonia sedikit lebih kecil di bandingkan perlakuan D – F, sehingga air hujan yang jatuh lebih banyak menjadi air lolos tajuk yang akan

jatuh ke permukaan tanah dan kerusakan oleh butir-butir hujan terhadap permukaan tanah menjadi tinggi. Butir-butir hujan dapat menghancurkan agregat tanah menjadi partikel-partikel halus dan menutupi pori-pori tanah. Akibatnya air infiltrasi terhambat dan aliran permukaan meningkat yang berarti erosi juga akan meningkat. Selain itu, bahan kering yang dikembalikan juga lebih rendah.

4.8 Jumlah N-total, P tersedia, K-dd, Ca-dd dan Mg Tanah Tererosi

Hasil analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi jamur dan bakteri berpengaruh nyata dalam memperkecil jumlah unsur hara N-total, P tersedia, K, Ca dan Mg-dd yang terbawa erosi. Jumlah N-total, P tersedia, K-dd, Ca-dd dan Mg-dd tanah tererosi ditampilkan pada Tabel 13.

Dari Tabel 13 memperlihatkan bahwa N total yang terbawa erosi sekitar 110 – 3053 g/ha. Jumlah N total yang terbawa erosi paling tinggi diperlihatkan oleh perlakuan C (tanaman tanpa pagar lorong titonia) sebesar 3053 g/ha dibandingkan dengan perlakuan lain. Selain dapat menekan erosi dan aliran permukaan, budidaya lorong juga menekan kehilangan unsur-unsur hara dari bidang olah. Hal ini sesuai dengan pendapat Agus (2000) yang melaporkan bahwa sistem budidaya lorong dapat menekan kehilangan hara N, P dan K hingga menjadi seperlimanya. Tingginya unsur hara yang terbawa oleh erosi pada tanaman tanpa pagar lorong ini jelas juga disebabkan oleh tingginya aliran permukaan dan tanah tererosi yang terjadi (Tabel 11 dan 12).

Tabel 13. Jumlah N-total, P tersedia, K, Ca dan Mg dalam tanah tererosi selama 4 bulan yang dipengaruhi oleh titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri

No	Perlakuan	N (g/ha)	P (g/ha)	K (g/ha)	Ca (g/ha)	Mg (g/ha)
1	A = titonia tanpa jamur dan bakteri	1340 b	10.30 b	144 b	1.60 b	1.50 b
2	B = mikoriza + Azotobacter+ Azospirillum	630 c	5.00 c	76.70 c	0.80 c	0.70 c
3	C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	3053 a	20.00 a	362.5 a	3.7 a	3.33 a
4	D = mikoriza + JPF	110 f	1.00 d	25.00 e	0.20 d	0.20 d
5	E = mikoriza + BPF	160 e	1.00 d	26.00 d	0.20 d	0.20 d
6	F = mikoriza + JPF + BPF	180 d	1.00 d	24.00 f	0.20 d	0.20 d

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

Secara keseluruhan reinokulasi jamur dan bakteri mampu memperkecil hilangnya N tanah yang tererosi senilai 710 – 1230 g/ha dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A). Gabungan reinokulasi terbaik dalam memperkecil N - total tanah tererosi diperlihatkan oleh gabungan mikoriza + JPF (D) sebesar 1230 g/ha dibandingkan tanpa reinokulasi (A). Gabungan mikoriza + BPF (E) memperkecil N tererosi sebesar 1180 g/ha, gabungan mikoriza + JPF + BPF (F) memperkecil N tererosi sebesar 1160 g/ha dan gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* (B) memperkecil N tererosi sebesar 710 g/ha dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A).

Tabel 13 juga memperlihatkan P yang terbawa erosi sekitar 1 - 20 g/ha. Jumlah P yang terbawa erosi paling tinggi diperlihatkan oleh perlakuan tanpa pagar lorong titonia (C) yaitu sebesar 20 g/ha dibandingkan perlakuan lain. Tingginya unsur

hara yang terbawa oleh erosi pada tanaman tanpa pagar lorong ini jelas juga disebabkan oleh tingginya aliran permukaan dan tanah tererosi yang terjadi (Tabel 11 dan 12). Jumlah P yang terbawa erosi pada titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) yaitu sebesar 10.3 g/ha. Dari 2 perlakuan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) dan tanpa pagar lorong titonia (C), tampak titonia sebagai pagar lorong (A) mampu mengurangi jumlah P yang tererosi sebesar 1/2 daripada yang tanpa pagar lorong titonia (C). Jika dibandingkan antara titonia yang diberi berbagai perlakuan jamur dan bakteri (B, D – F), ternyata lebih memperkecil P tanah tererosi dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) yaitu senilai 5.3 – 9.3 g/ha.

Reinokulasi gabungan terbaik dalam memperkecil P tanah tererosi diperlihatkan oleh perlakuan mikoriza + JPF, mikoriza + BPF dan mikoriza + JPF + BPF, karena secara angka maupun secara statistik memiliki kemampuan yang sama besar dalam memperkecil P tanah tererosi yaitu sebesar 9.3 g/ha dibandingkan tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A). Gabungan perlakuan reinokulasi jamur dan bakteri yang memperlihatkan jumlah P terbawa erosi paling besar yaitu gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum* (B) yaitu sebesar 5.3 g/ha. Hal ini sejalan dengan besarnya aliran permukaan dan tanah tererosi yang terjadi. Semakin banyak aliran permukaan dan tanah tererosi, maka akan semakin banyak unsur-unsur hara yang terbawa bersama erosi dan aliran permukaan.

Selain N dan P, Tabel 13 juga memperlihatkan K-dd yang terbawa erosi 24 – 362.57 g/ha, Ca-dd sebesar 0.2 – 3.7 g/ha dan Mg-dd sebesar 0.2 – 3.33 g/ha. Dari ketiga faktor terlihat bahwa perlakuan titonia sebagai pagar lorong mampu mengurangi jumlah K, Ca dan Mg yang tererosi dalam jumlah yang besar bila dibandingkan dengan tanpa pagar lorong. Tingginya K-dd, Ca-dd, dan Mg-dd yang terbawa oleh erosi pada tanah tanpa pagar lorong, jelas juga disebabkan oleh tingginya aliran permukaan dan erosi tanah yang terjadi (Tabel 11 dan 12). Bachtiar (1987) menyatakan, bahwa semakin banyak tanah yang hanyut maka akan semakin banyak pula unsur hara yang terbawa oleh aliran permukaan maupun hanyut bersama tanah tererosi. Semakin banyak unsur hara yang hilang, maka akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Soepardi (1983) menyatakan bahwa akibat terjadinya erosi, selain partikel-partikel tanah yang dihanyutkan juga unsur haranya. Lidia (2004) menambahkan bahwa kenaikan kecepatan aliran permukaan akan mengakibatkan kenaikan daya angkut yang berlipat.

Dari Tabel 13 dapat hitung perbandingan jumlah unsur hara N, P, K, Ca dan K yang hilang akibat erosi pada penggunaan pagar lorong titonia berturut-turut sekitar 43.89 %, 51.5 %, 39.72 %, 43.24 % dan 45.05 % dibandingkan dengan tanpa pagar lorong titonia. Kemudian jika dihitung perbandingan jumlah unsur hara N, P, K, Ca dan K yang hilang akibat erosi pada penggunaan pagar lorong titonia yang direinokulasi jamur dan bakteri berturut-turut sekitar 8.2 %, 9.7 %, 16.7 %, 12.5 % dan 13.3 % dibandingkan tanpa reinokulasi jamur dan bakteri. Dengan demikian,

dapat dinyatakan bahwa titonia sangat layak dijadikan tanaman pagar lorong untuk mengurangi kehilangan hara terutama N, P, K, Ca, dan Mg. Selain itu dengan adanya reinokulasi jamur dan bakteri pada titonia sebagai pagar lorong akan dapat lebih memperkecil unsur hara yang hilang di dalam tanah.

4.9 Analisis Tanah Awal dan Setelah Inkubasi Kompos Titonia dan Kedelai

4.9.1 Kemasaman (pH), dan Al-dd Tanah

Pengaruh penambahan kompos titonia dan jerami kedelai terhadap pH dan Al-dd tanah Ultisol dapat dilihat pada Tabel 14. Pemberian kompos titonia dan jerami kedelai memiliki takaran yang sama untuk masing-masing petak percobaan, karena pemberian kompos bukan merupakan perlakuan melainkan untuk mengurangi penggunaan pupuk buatan yaitu dengan mensubstitusi 50 % N dan K dari kompos titonia dan jerami kedelai. Pada Tabel 14 terlihat bahwa pH tanah awal sebelum pemberian kompos titonia dan jerami kedelai pada semua petak percobaan (A, B, C, D, E, dan F), berdasarkan tabel kriteria sifat kimia tanah (Lampiran 13) berada pada kriteria masam sampai agak masam. Nilai pH pada semua perlakuan berkisar 5,53 – 6,06. Nilai pH ini sudah mengalami perbaikan dari sifat awal Ultisol, karena pada penanaman sebelumnya tanah ini telah diberi kapur.

Pada penelitian ini seluruh tanah yang akan diinkubasikan dengan kompos terlebih dahulu dilakukan penambahan kapur sebanyak 500 kg/ha, setelah 1 minggu inkubasi baru kompos diaplikasikan. Penambahan kapur sebanyak 500 kg/ha adalah sebagai perawatan yang bertujuan agar pH tanah tidak menurun dan unsur hara lebih tersedia terutama N, P dan K. Hal ini sesuai dengan pendapat Hakim (2006), yang

menyatakan bahwa kapur merupakan pengendali kemasaman tanah yang paling tepat karena reaksinya cepat dan menunjukkan perubahan kemasaman tanah yang nyata. Sedangkan penambahan kompos titonia dan kedelai, sebagai salah satu sumber bahan organik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi penggunaan pupuk buatan.

Tabel 14. Hasil analisis pH dan Al-dd tanah awal dan setelah diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai selama 1 minggu.

Petak Percobaan	Ciri Kimia Tanah Awal			Ciri Kimia Tanah Setelah Inkubasi		
	pH H ₂ O	pH KCl	Al-dd (me/100g)	pH H ₂ O	pH KCl	Al-dd (me/100g)
A = titonia tanpa jamur dan bakteri	5.83 am	5.29 m	2.137 r	6.00 am	5.65 am	tu
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	5.82 am	5.09 m	1.281 r	6.23 am	5.78 am	tu
C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	6.06 am	5.32 m	0.426 sr	6.19 am	5.70 am	tu
D = mikoriza + JPF	5.60 am	5.01 m	1.273 r	6.23 am	5.72 am	tu
E = mikoriza + BPF	5.69 am	5.10 m	0.847 sr	5.87 am	5.49 m	tu
F = mikoriza + JPF + BPF	5.53 m	5.10 m	1.283 r	5.93 am	5.45 m	tu

Ket : m : masam , am : agak masam, sr : sangat rendah, r : rendah, tu : tidak terukur

Pengapuran dapat meningkatkan basa kalsium dan pH tanah. Kalsit dan dolomit merupakan bahan yang banyak digunakan, karena relatif murah dan mudah didapat. Disamping itu, bahan tersebut dapat memperbaiki sifat fisik tanah dan tidak meninggalkan residu yang merugikan dalam tanah (Soegiman, 1982). Apabila pH tanah telah meningkat, maka kation aluminium akan mengendap sebagai gipsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), sehingga tidak lagi merugikan tanaman. Sesuai takaran yang diberikan pengaruh kapur dapat memberikan pengaruh selama empat sampai lima tahun berikutnya (Hakim, 2006).

Tabel 14 menunjukkan bahwa pH setelah tanah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai pH masih berada pada kriteria agak masam (A, B, C, D, E dan F), dan tidak terjadi perubahan kriteria pH setelah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai kecuali pada petak percobaan F, tetapi peningkatan nilai pH beberapa unit setelah inkubasi cukup menggembirakan. Peningkatan nilai pH H_2O pada petak percobaan A, B, C, D, E dan F sekitar 0,13 – 0,63 unit dan pH KCl sebesar 0,35 - 0,71 unit. Di lain pihak Al-dd turun dari 2.137 me/100 g menjadi tidak terukur rendahnya (tu).

Peningkatan nilai pH, berhubungan erat dengan pelepasan asam-asam organik kompos titonia dan jerami kedelai. Bahan organik dapat mengikat logam-logam terutama Al yang terdapat pada Ultisol, sehingga tidak mengalami hidrolisis yang dapat menyumbangkan H^+ dan mengakibatkan meningkatnya pH tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Tan (1998), yang menyatakan bahwa asam-asam organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik pada tanah masam akan mengikat Al.

4.9.2 Kandungan C- Organik, N- total dan C/N Tanah

Pengaruh penambahan kompos titonia dan jerami kedelai pada Ultisol terhadap kandungan C- organik, N-total dan C/N tanah dapat dilihat pada Tabel 15. Tanah yang diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai, mengalami peningkatan kadar C-organik yang beragam, dari kriteria sedang menjadi tinggi.

Berdasarkan hasil analisis kimia tanah pada Tabel 15 dapat dinyatakan, bahwa kandungan C-organik tanah awal pada semua petak percobaan (A, B, C, D, E, dan F) sebelum diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai tergolong sedang. Kandungan C-organik tertinggi terdapat pada petak percobaan A yaitu 2.96 % dan terendah terdapat pada petak percobaan F yaitu sebesar 2. 332 %.

Tabel 15. Hasil analisis kandungan C-organik dan N total tanah awal dan setelah inkubasi 1 minggu dengan kompos titonia dan jerami kedelai.

Petak Percobaan	Ciri Kimia Tanah					
	Tanah Awal			Tanah Setelah Inkubasi dg Kompos		
	C-organik	N - total	C/N	C-organik	N - total	C/N
	(%)			(%)		
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.960 s	0.389 s	7.609 r	3.677 t	0.457 s	8.045 r
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.895 s	0.403 s	7.184 r	3.664 t	0.419 s	8.745 r
C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	2.681 s	0.383 s	7.000 r	3.813 t	0.502 t	7.596 r
D = mikoriza + JPF	2.461 s	0.341 s	7.217 r	3.687 t	0.501 t	7.359 r
E = mikoriza + BPF	2.333 s	0.311 s	7.502 r	3.376 t	0.330 s	10.23 r
F = mikoriza + JPF + BPF	2.332 s	0.314 s	7.427 r	3.448 t	0.345 s	9.99 r

Ket : r : rendah, s : sedang, t : tinggi

Pada Tabel 15 terlihat bahwa setelah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai terjadi peningkatan C-organik tanah dari kriteria sedang menjadi tinggi. Pemberian kompos titonia dan jerami kedelai menyebabkan peningkatan persentase C-organik tanah sekitar 0.72 – 1,23 % dan peningkatan tertinggi terdapat pada petak percobaan D. Peningkatan % C organik jelas disebabkan oleh penambahan kompos titonia dan jerami kedelai sebagai bahan organik yang

menghasilkan unsur karbon. Ahmad (1980), menyatakan bahwa lebih dari 90 % jaringan tanaman tersusun dari unsur karbon, melalui dekomposisi bahan organik tersebut akan menghasilkan karbon, sehingga meningkatkan C-organik tanah.

Bahan organik tanah merupakan penimbunan, terdiri atas sisa-sisa dan pembentukan baru dari sisa tumbuhan maupun hewan. Bahan organik berperan sebagai pembentuk butir (granulator) dari butir-butir mineral, yang menyebabkan terjadinya keadaan gembur pada tanah, disamping itu BO merupakan sumber pokok dari dua unsur fosfor dan sulfur dan merupakan satu-satunya sumber nitrogen. Terhadap sifat fisik tanah, BO mendorong meningkatkan daya menahan air tanah dan mempertinggi jumlah air yang tersedia untuk kehidupan tumbuhan (Soegiman, 1982).

Pengaruh inkubasi kompos titonia dan jerami kedelai terhadap N-total tanah, pada Tabel 15 menunjukkan bahwa umumnya kriteria N-total tanah telah berubah dari sedang menjadi tinggi, walaupun ada beberapa petak percobaan yang tidak berubah kriteria namun peningkatan % N beberapa unit cukup mengembirakan yaitu sekitar 0.016 % - 0.16 % N. Peningkatan N-total tertinggi terdapat pada petak percobaan D yaitu sebesar 0.16 % N.

Peningkatan % N- total tanah sekitar 0.016 % - 0.16 % tersebut setara dengan 89.6 – 896 g N, padahal N yang diberikan hanya 56 g N/5.6 m² dan pemberian kompos sebanyak 3.1 kg/5.6 m². Sedangkan Bibowo (2005) menemukan bahwa pemberian titonia sebanyak 19,2 kg/16 m² dan 38,4 kg/16 m², masing-masing membawa N sebanyak 80 – 160 g N, meningkatkan N total tanah sebesar

0,01 % - 0,27 % setara dengan 160 g N/16 m² (sedalam 10 cm), sedangkan N yang diberikan tiap petak hanya 80 – 160 g N. Selain itu, Legizasvera (2005) juga menemukan bahwa setiap pemberian titonia 12 ton/ha meningkatkan kandungan N total tanah sebesar 0,04 % sampai 0,08 % setara dengan 160 sampai 320 g N/4 m, padahal N yang diberikan hanya 26,6 g sampai 53,2 g N/4 m. Gachengo *et al* (1999 *cit* Gusmini 2003) melaporkan bahwa titonia berperan penting dalam meningkatkan N total tanah. Kandungan N titonia yang tinggi dan cepat melapuk menjadikan titonia sebagai sumber N yang potensial bagi tanaman.

Terjadinya peningkatan N-total tanah akibat inkubasi kompos titonia dan jerami kedelai disebabkan adanya sumbangan N dari hasil dekomposisi kompos, dimana kompos yang digunakan memiliki kadar N yang cukup tinggi yaitu 3 %. Gachengo *et al* (1999 *cit* Hakim, 2001) menyatakan, bahwa kadar N titonia yang tinggi dan cepat melapuk menjadikan titonia sebagai sumber N yang efektif bagi tanaman. Pelapukan titonia dapat meningkatkan N-inorganik dalam tanah. Meningkatnya N-total tanah juga disebabkan oleh pelapukan bahan organik yang meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang akan menyumbangkan sejumlah N kedalam tanah.

Dari hasil analisis C-organik dan N-total (Tabel 15) didapatkan ratio C/N tanah pada petak percobaan umumnya berkisar pada kriteria rendah, meskipun setelah di inkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai masih berada pada kriteria rendah namun terjadi peningkatan beberapa unit. Petak percobaan C dan D nilai C/N

sedikit lebih rendah berarti N sudah tersedia lebih besar pada petak C dan D tersebut. Soegiman (1982), menyatakan bahwa ratio C/N akan mempengaruhi ketersediaan N tanah dan pemeliharaan bahan organik tanah.

4.9.3 Kandungan P - tersedia dan Kation Basa

Hasil analisis kimia K-dd dan P-tersedia tanah awal dan setelah diinkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai dapat dilihat pada Tabel 16, sedangkan hasil analisis kimia kation basa Ca dan Mg tanah awal dan setelah setelah inkubasi dengan kompos titonia dan jerami kedelai disajikan pada Tabel 17.

Pada Tabel 16 dapat dilihat bahwa K-dd tanah awal pada semua petak percobaan berada pada kriteria tinggi yaitu sekitar 0.69 – 0.83 me/100 g. Tingginya nilai K-dd sebelum diinkubasi dengan kompos menunjukkan sisa dari pemupukan sebelumnya, sehingga unsur K lebih banyak tersedia.

Tabel 16. Hasil analisis K-dd dan P-tersedia tanah awal dan setelah inkubasi 1 minggu dengan kompos titonia dan jerami kedelai

Petak Percobaan	Tanah Awal		Tanah Setelah Inkubasi dengan Kompos	
	K-dd (me/100g)	P-tersedia (ppm)	K-dd (me/100g)	P-tersedia (ppm)
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	0.81 t	24.249 s	0.83 t	26.580 s
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	0.81 t	12.471 r	0.82 t	13.940 r
C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	0.79 t	22.711 s	0.81 t	30.884 s
D = mikoriza + JPF	0.69 t	13.345 r	0.80 t	13.864 r
E = mikoriza + BPF	0.82 t	33.767 s	0.84 t	39.260 s
F = mikoriza + JPF + BPF	0.83 t	28.841 s	0.84 t	33.479 s

Ket : r = rendah, s = sedang, t = tinggi

Hasil analisis kimia (Tabel 16) menunjukkan bahwa nilai K-dd setelah tanah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai masih berada pada kriteria tinggi (A, B, C, D, E dan F). Meskipun tidak terjadi perubahan kriteria setelah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai, tetapi peningkatan nilai K beberapa unit setelah inkubasi cukup menggembirakan. Peningkatan K-dd sekitar 0,01 – 0,11 me/100 g, dan peningkatan tertinggi terdapat pada petak D. Meningkatnya K-dd akibat pemberian kompos jelas disebabkan oleh titonia yang mengandung unsur K yang tinggi yaitu sebesar 2.5 %. Hakim dan Agustian (2005) menyatakan, bahwa pemberian titonia berperan dalam meningkatkan nilai K-dd tanah. Kalium adalah salah satu dari beberapa unsur utama yang diperlukan tanaman dan sangat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. Kalium sangat penting dalam proses metabolisme dalam tanaman yaitu dalam sintesis asam amino dan protein dari ion-ion ammonium (Sarief, 1984).

Pada Tabel 16, juga terlihat bahwa P-tersedia tanah awal pada semua percobaan berada pada kriteria rendah sampai sedang yaitu sekitar 12.47 – 33.77 ppm. Setelah diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai terjadi peningkatan kandungan P-tersedia tanah, walaupun tidak terjadi perubahan kriteria, tetapi terjadi peningkatan beberapa unit sekitar 0.52 – 8.17 ppm. Terjadinya peningkatan P, disebabkan oleh peranan bahan organik yaitu kompos titonia dan kedelai yang membawa sejumlah unsur P, yang mana kadar P titonia adalah 0.3 %.

Disamping itu, asam-asam organik dari pelapukan titonia akan melarutkan P yang terikat baik terikat oleh Fe maupun Ca, sehingga P lebih tersedia dan lebih mudah diserap oleh tanaman.

Tabel 17. Hasil analisis Ca dan Mg tanah awal dan setelah diinkubasi 1 minggu dengan kompos titonia dan jerami kedelai

Petak Percobaan	Tanah Awal		Tanah setelah diinkubasi dengan kompos	
	Ca-dd	Mg-dd	Ca-dd	Mg-dd
	(me/100g)			
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.28 r	0,32 r	2. 87 r	0.42 r
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.36 r	0,34 r	3.16 r	0.38 r
C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)	2.11 r	0,30 r	2.84 r	0.40 r
D = mikoriza + JPF	2.13 r	0,29 sr	3.02 r	0.41 r
E = mikoriza + BPF	2.26 r	0,32 r	2.48 r	0.39 r
F = mikoriza + JPF + BPF	2.60 r	0,33 r	3.23 r	0.37 r

Ket : sr = sangat rendah, r = rendah

Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan P dapat secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi. Stevenson (1982 *cit* Atmojo, 2003) menjelaskan ketersediaan P di dalam tanah dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan organik melalui 5 aksi seperti berikut: (1) Melalui proses mineralisasi bahan organik terjadi pelepasan P mineral (PO_4^{3-}); (2) Melalui aksi dari asam organik atau senyawa pengkelat yang lain hasil dekomposisi, terjadi pelepasan fosfat yang berikatan dengan Al dan Fe yang tidak larut menjadi bentuk terlarut, $\text{Al (Fe)(H}_2\text{O)}_3 \text{(OH)}_2 \text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Khelat} \longrightarrow \text{PO}_4^{-2}$ (larut) + Kompleks AL-Fe- Khelat; (3). Bahan organik akan mengurangi jerapan fosfat karena asam humat dan asam fulvat berfungsi melindungi sesquioxida dengan memblokir situs pertukaran ; (4). Penambahan bahan organik mampu

mengaktifkan proses penguraian bahan organik asli tanah; (5). Membentuk kompleks fosfo-humat dan fosfo-fulvat yang dapat ditukar dan lebih tersedia bagi tanaman, sebab fosfat yang dijerap pada bahan organik secara lemah.

Pada Tabel 17 terlihat bahwa Ca-dd tanah awal pada semua petak percobaan berada pada kriteria rendah yaitu sekitar 2.11 – 2.60 me/100 g. Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan Ca-dd tanah awal yang berada pada kriteria rendah, tanah harus dikapur untuk meningkatkan pH dan untuk meningkatkan ketersediaan Ca dan kation basa lainnya.

Semua percobaan mengalami peningkatan kandungan Ca-dd tanah setelah diinkubasi dengan kapur dan kompos, walaupun tidak terjadi perubahan kriteria, tetapi terjadi peningkatan beberapa unit sekitar 0.22 – 0.89 me/100 g. Peningkatan Ca-dd tertinggi terdapat pada petak percobaan D yaitu sebesar 0.89 me/100 g. Peningkatan Ca-dd tanah disebabkan adanya sumbangan dari kompos titonia dan jerami kedelai yang diberikan. Hakim dan Agustian (2003) mengemukakan bahwa tingginya kandungan Ca-dd pada tanah setelah diinkubasi dengan titonia disebabkan karena tingginya kandungan Ca yang ada pada titonia sebesar 1.46 % Ca.

Sama halnya dengan Ca-dd tanah awal, pada Tabel 17 juga terdapat peningkatan Mg-dd tanah ketika diinkubasikan dengan kompos titonia dan jerami kedelai dari kriteria sangat rendah menjadi rendah (D). Peningkatan Mg-dd tanah akibat inkubasi kompos titonia dan jerami kedelai sekitar 0.04 – 0.12 me/100 g, peningkatan Mg-dd tanah tertinggi terdapat pada petak percobaan D.

Peningkatan kation basa K, Ca, Mg serta P – tersedia pada tanah disebabkan oleh pemberian bahan organik dari kompos titonia dan jerami kedelai, selain itu juga disebabkan oleh adanya pemberian kapur. Bahan organik dari titonia telah meningkatkan jumlah bahan organik tanah sehingga mampu mengikat logam - logam berat sehingga meningkatkan pH dan unsur hara juga lebih tersedia. Hal ini sesuai dengan pendapat Adimihardja dan Mappaona (1998) yang menyatakan bahwa bahan organik tanah selain berfungsi menyediakan hara bagi tanaman juga berperan mengkonservasi hara melalui mekanisme retensi, fiksasi atau khelat. Unsur yang terjerap dapat berupa unsur hara makro (seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S), unsur hara mikro (yang esensial bagi pertumbuhan tanaman), dan logam berat maupun senyawa toksik atau beracun. Sebagian besar unsur tersebut terikat dalam ikatan kompleks atau khelat dengan komponen bahan organik tanah. Sedangkan kapur dolomit yang diberikan merupakan sumber Ca dan Mg, sehingga meningkatkan kadar Ca dan Mg tanah:

Adimihardja dan Mappaona (1998) melaporkan bahwa, pemberian bahan organik dan kapur dapat meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah. Pengaruh tidak langsung terjadi karena proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam-asam organik mampu menonaktifkan anion-anion pengikat fosfat, yaitu Al dan Fe, dan membentuk senyawa logam organik. Jadi, penambahan bahan organik, kapur dan pemupukan NPK mampu memperbaiki beberapa sifat tanah, seperti pH tanah, kandungan bahan organik, P-tersedia, dan menurunkan kandungan Al-dd.

Berdasarkan hasil analisis kimia yang telah diuraikan di atas, maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perubahan sifat kimia tanah kearah yang lebih baik akibat pemberian kapur, kompos titonia dan jerami kedelai. Perbaikan sifat kimia tanah diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung pada Ultisol.

4. 10 Hasil Pipilan dan Bobot Kering Jerami Jagung

Hasil bobot pipilan kering dan bobot kering jerami jagung yang dipengaruhi pengembalian pangkasan titonia ditampilkan pada Tabel 18 dan 19 dengan sidik ragam pada Lampiran 14.

Tabel 18. Hasil pipilan kering jagung yang dipengaruhi pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan berbagai perlakuan jamur dan bakteri

No	Perlakuan	Bobot pangkasan titonia (kg)	Bobot Pipilan Kering (ton/ha)	% kenaikan thdp kontrol
1	A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.05	3.57 c	0.00
2	B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.45	4.03 c	12.89
3	C = tanpa pagar lorong titonia	—	6.20* a	73.67
4	D = mikoriza + JPF	2.7	5.80 a	62.46
5	E = mikoriza + BPF	2.75	5.93 a	66.11
6	F = mikoriza + JPF + BPF	2.65	5.10 b	42.86

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

* Dipanen 100 % lahan, sedangkan yang lain 80 % lahan

Dari Tabel 18 dapat diketahui bahwa secara statistik terdapat pengaruh yang nyata akibat pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri, kecuali pada reinokulasi gabungan mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*. Hasil pipilan kering jagung pada perlakuan yang direinokulasi jamur dan bakteri memperlihatkan hasil yang lebih tinggi yakni meningkat berkisar 12.89 % - 73.67 % dibandingkan dengan kontrol (A) tanpa reinokulasi. Peningkatan hasil pipilan jagung paling tinggi terdapat pada perlakuan tanpa pagar lorong titonia senilai 73.67 % (6.20 ton/ha).

Tabel 19. Bobot kering jerami jagung yang dipengaruhi pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan berbagai perlakuan jamur dan bakteri

No	Perlakuan	Bobot pangkasan titonia (kg)	Jerami jagung (ton/ha)	% kenaikan thdp kontrol
1	A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.05	4.17 d	0.00
2	B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.45	4.53 cd	8.63
3	C = tanpa pagar lorong titonia	—	6.02 a	44.36
4	D = mikoriza + JPF	2.7	5.45 ab	30.70
5	E = mikoriza + BPF	2.75	5.78 ab	38.61
6	F = mikoriza + JPF + BPF	2.65	5.19 bc	24.46

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5 %

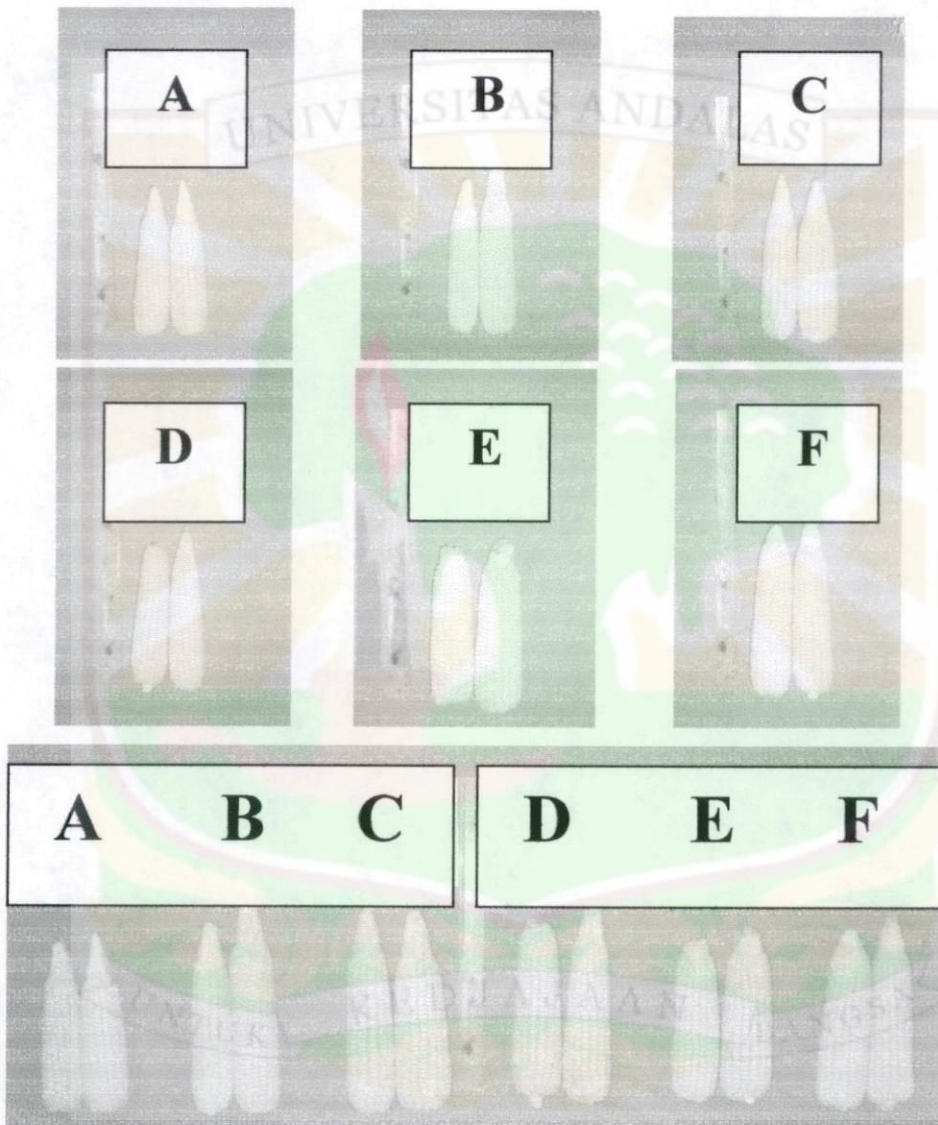
Lebih tingginya hasil pipilan kering jagung pada perlakuan tanpa pagar lorong (C) sekitar 0.27 ton/ha disebabkan oleh luas lahan 100 % ditanami jagung karena 20 % untuk penanaman titonia sebagai pagar lorong. Akan tetapi, kalau hasil perlakuan C dijadikan 80 % yaitu sekitar 4.96 ton/ha hasilnya tetap lebih tinggi dari perlakuan A dan B. Hal ini disebabkan pada saat di lapangan perlakuan A dan B

terserang hama landak, sehingga waktu panen hasilnya lebih rendah dari perlakuan lain. Namun bila dibandingkan dengan titonia sebagai pagar lorong tanpa reinokulasi hasil pipilan kering jagung yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri memperlihatkan hasil yang lebih tinggi sekitar 0.46 ton/ha – 2.36 ton/ha. Tampak bahwa peningkatan ini disebabkan oleh pengaruh besarnya pengembalian pangkasan titonia sebagai mulsa.

Titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) dengan bobot pangkasan titonia sebanyak 2.05 kg, sedangkan titonia yang direinokulasi dengan jamur dan bakteri pengembalian pangkasan titonia sebesar 2.45 – 2.75 kg. Hal ini terlihat pada Gambar 10, bahwa besar tongkol jagung pada titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) lebih kecil dibandingkan perlakuan lain. Semakin banyak pengembalian titonia sebagai mulsa ke dalam tanah, maka akan semakin banyak sumbangan bahan organik ke dalam tanah. Berarti semakin banyak pula jumlah unsur yang disumbangkan ke dalam tanah, sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman jagung meningkat.

Selain akibat pengembalian pangkasan titonia, rendahnya hasil pipilan kering jagung pada perlakuan tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) disebabkan lebih besarnya aliran permukaan dan tanah tererosi yang terjadi (Tabel 11 dan 12). Titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri aliran permukaan sebesar 223.68 m³/ha dan tanah tererosi sebesar 0.98 ton/ha, sedangkan titonia yang direinokulasi jamur dan bakteri aliran permukaan hanya 58.48 - 95.44 m³/ha dan tanah tererosi sebesar 0.17 – 0.39

ton/ha. Berarti semakin besar aliran permukaan dan tanah tererosi semakin banyak unsur hara yang hilang (Tabel 13), sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.



Gambar 10. Tongkol Jagung yang dipengaruhi oleh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong dengan reinokulasi jamur dan bakteri

Keterangan :

- | | |
|---|---|
| A = titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri | B = mikoriza + Azotobacter + Azospirillum |
| C = tanpa pagar lorong titonia | D = mikoriza + JPF |
| E = mikoriza + BPF | F = mikoriza + JPF + BPF |

Pengaruh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi jamur dan bakteri terhadap hasil pipilan jagung meningkat sekitar 12.89 % - 66.11 %, dibandingkan titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri. Hasil pipilan tertinggi terdapat pada gabungan perlakuan mikoriza + BPF (E) sebesar 5.93 ton/ha (66.11 %), sedikit dibawahnya gabungan perlakuan mikoriza + JPF (D) senilai 5.80 ton/ha (62.46 %), mikoriza + JPF + BPF (F) sebesar 5.10 ton/ha (42.86 %) dan yang paling memperlihatkan pengaruh paling kecil terhadap pipilan jagung adalah perlakuan mikoriza + Azotobakter + Azospirillum (B) sebesar 4.03 ton/ha (12.89 %) dibandingkan kontrol.

Hasil produksi jagung yang tinggi tersebut jelas berkaitan erat dengan ciri kimia tanah yang juga bagus akibat pemberian kompos titonia dan jerami kedelai, selain itu dengan adanya pengembalian pangkasan titonia sebagai mulsa menyebabkan tanah menjadi lebih baik lagi. Seperti diketahui bahwa masalah utama pada tanah masam adalah kelarutan dan kejenuhan Al yang tinggi, sehingga pertumbuhan tanaman pangan pada umumnya (Hakim, 2006). Hal itu tidak lagi menjadi masalah pada Ultisol tempat percobaan ini karena kelarutan Al sudah tidak terukur (Tabel 14). Pada Tabel 15 dan 16 terlihat bahwa kandungan hara N dan K juga sudah berubah dari sedang menjadi tinggi, sehingga mampu memberikan produksi jagung yang tinggi. Disamping menyumbangkan unsur N dan K dari kebutuhan tanaman, kompos titonia dan jerami kedelai juga menambahkan unsur hara lainnya seperti P, Ca, Mg dan unsur mikro, sehingga terjadi keseimbangan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

Dalam hal ini dapat dinyatakan, bahwa tanaman pagar (titonia) memiliki peranan penting dalam meningkatkan produksi jagung, yaitu melalui ; 1.) hasil pangkasan (daun dan ranting) merupakan sumber bahan organik untuk tanah, 2.) lapisan pangkasan titonia yang dimulsakan menurunkan kehilangan air melalui aliran permukaan dan evaporasi dari permukaan tanah serta memperbaiki regim kelembaban tanah, 3.) system perakaran titonia yang dalam memperbaiki siklus unsur hara dengan cara : a. *Nutrient safety net*, yaitu pengambilan unsur hara yang tercuci ke lapisan sub soil yang tidak terjangkau oleh akar tanaman pangan/semusim yang dangkal, b. *Nutrient Pump*, pengambilan unsur hara yang dilepas dari pelapukan mineral pada lapisan yang lebih dalam, 4.) memberikan keuntungan jangka panjang, seperti penurunan BV melalui perbaikan struktur dan porositas oleh penambahan bahan organik, 5.) titonia sebagai tanaman pagar berpengaruh nyata terhadap penurunan aliran permukaan dan tanah tererosi, sehingga dapat mengurangi hilangnya unsur hara.

Peningkatan hasil pipilan kering jagung ini juga diikuti oleh peningkatan bobot kering jerami jagung (Tabel 19). Tanaman tanpa pagar lorong memberikan hasil jerami jagung lebih tinggi (1,85 ton/ha) daripada dipagar lorong. Hasil jerami jagung pada petak tanpa pagar lorong lebih tinggi disebabkan oleh luas lahan 100 % ditanami jagung, sedangkan yang dipagar lorong hanya 80 % karena 20 % untuk penanaman titonia sebagai pagar lorong, tetapi kalau hasil perlakuan C dijadikan 80 % yaitu sekitar 4.8 ton/ha hasilnya tetap lebih tinggi dari perlakuan A dan B.

Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya pada saat di lapangan perlakuan A dan B terserang hama landak, sehingga waktu panen hasil jerami jagung lebih rendah dari perlakuan lain.

Peningkatan hasil jerami jagung akibat pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong sebesar 8.63 – 38.61 %. Peningkatan tertinggi terhadap hasil jerami jagung terdapat pada titonia yang direinokulasi gabungan mikoriza + BPF sebesar 5.78 ton/ha (38.61 %), dengan bobot pangkasan toitonia yang dimulsakan sebesar 2.75 kg. Peningkatan hasil jerami jagung diikuti oleh tingginya bobot pangkasan titonia yang dimulsakan, makin tinggi pengembalian pangkasan titonia, maka makin banyak unsur hara yang disumbangkan untuk pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi hasil jerami yang dihasilkan. Pengaruh pengembalian pangkasan titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi jamur dan bakteri terhadap hasil jerami jagung meningkat sekitar 8.63 % - 38.61 %, dibandingkan kontrol tanpa reinokulasi. Hasil jerami tertinggi terdapat pada gabungan perlakuan mikoriza + BPF (E) sebesar 5.78 ton/ha (38.61 %), sedikit dibawahnya gabungan perlakuan mikoriza + JPF (D) senilai 5.45 ton/ha (30.70 %), mikoriza + JPF + BPF (F) sebesar 5.19 ton/ha (24.46 %) dan yang paling memperlihatkan pengaruh paling kecil terhadap hasil jerami jagung adalah perlakuan mikoriza + Azotobakter + Azospirillum (B) sebesar 4.53 ton/ha (8.63 %) dibandingkan kontrol.

Rendahnya hasil jerami jagung pada perlakuan tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (A) disebabkan lebih besarnya aliran permukaan dan tanah tererosi yang terjadi (Tabel 11 dan 12). Berarti semakin besar aliran permukaan dan tanah tererosi semakin banyak unsur hara yang hilang (Tabel 13), sehingga akan berpengaruh terhadap hasil jerami jagung.

Oleh karena itu semakin jelas terlihat bahwa, dengan adanya reinokulasi jamur dan bakteri pada pagar lorong titonia sangat berdampak positif untuk meningkatkan kemampuan titonia dalam mengendalikan erosi. Diharapkan, dalam waktu beberapa tahun pagar lorong titonia akan berfungsi sebagai teras alami disamping penghasil bahan organik dan unsur hara. Selain itu pengaruh reinokulasi jamur dan bakteri terhadap pertumbuhan dan hasil hara titonia juga memberikan hasil yang nyata, baik itu terhadap bobot kering, tinggi, maupun ketersediaan hara N, P dan K titonia. Dengan adanya peran dari jamur dan bakteri dalam meningkatkan pertumbuhan titonia sebagai pagar lorong, maka akan mengurangi pengeluaran petani dalam pengadaan pupuk, karena titonia tersebut dapat dijadikan sebagai sumber hara pengganti pupuk buatan secara berkelanjutan.

Bila data dari Tabel 4 – 19 disarikan menjadi Tabel 20, maka terlihat bahwa gabungan mikoriza + JPF atau mikoriza + BPF merupakan gabungan reinokulasi jamur dan bakteri yang lebih tepat pada rhizosfir titonia dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi, bahan kering, kandungan hara (N, P, K) titonia, menurunkan aliran permukaan dan tanah tererosi, serta meningkatkan hasil pipilan kering jagung.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat dinyatakan bahwa reinokulasi rhizosfir titonia gabungan mikoriza + JPF atau gabungan mikoriza + BPF sangat tepat untuk disarankan.

Tabel 20. Matrik seluruh parameter yang diamati.

No	Parameter yang diamati	Perlakuan					
		A	B	C	D	E	F
1	Tinggi titonia (cm)	159.67	179.33	-	193.33	186.67	182.33
2	Bahan Kering Titonia(ton/ha/th)	5.06	5.56	-	6.90	6.31	6.43
3	Hasil N Titonia(kg/ha/th)	63.75	101.25	-	228.75	191.25	206.25
4	Hasil P Titonia (kg/ha/th)	11.51	19.69	-	28.99	27.26	26.81
5	Hasil K Titonia (kg/ha/th)	99.60	148.91	-	242.51	217.8	195.98
6	BV Tanah (g/cm ³)	0.78	0.76	0.83	0.72	0.75	0.74
7	Aliran Permukaan (m ³ /ha)	223.68	95.44	409.61	58.48	61.02	59.01
8	Erosi (ton/ha)	0.98	0.39	2.05	0.17	0.18	0.17
9	Pipilan Kering Jagung (ton/ha)	3.57	4.03	4.96	5.80	5.93	5.10
10	Jerami Kering Jagung (ton/ha)	4.17	4.53	4.80	5.45	5.78	5.19

Keterangan : A = titonia tanpa reinokulasi jamur dan bakteri (kontrol)
 B = mikoriza + Azotobacter + Azospirillum
 C = tanpa pagar lorong titonia
 D = mikoriza + JPF
 E = mikoriza + BPF
 F = mikoriza + JPF + BPF

Oleh karena percobaan ini baru sampai 4 bulan, dan hasil untuk 1 tahun masih berupa prakiraan, sedangkan kajian pemanfaatannya untuk tanaman lorong masih 1 musim tanam, dan terbatas pada tanaman jagung, maka penelitian ini perlu dilanjutkan untuk jenis tanaman lain dalam waktu yang lebih panjang. Di samping itu, kemampuan titonia menahan aliran permukaan dan tanah tererosi juga perlu dikaji lebih lanjut dalam waktu yang lebih lama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Pemanfaatan Jamur dan Bakteri pada Titonia sebagai Pagar Lorong untuk Mengurangi Erosi pada Ultisol yang Ditanami Jagung (*Zea mays* L.), yang dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Inokulan jamur dan bakteri yang lebih tepat guna meningkatkan pertumbuhan tinggi, bahan kering, dan kandungan hara (N, P dan K) titonia sebagai pagar lorong pada Ultisol adalah gabungan Mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat atau Mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat. Gabungan inokulan tersebut berturut – turut meningkatkan pertumbuhan titonia dalam bentuk tinggi tanaman sekitar 37 % dan 26 %, bahan kering sekitar 39 % dan 24 %, hasil N sekitar 245 % dan 136 %, hasil P sekitar 197 % dan 176 %, dan hasil K sekitar 159 % dan 120 %, bila dibandingkan terhadap kontrol.
2. Titonia sebagai pagar lorong yang direinokulasi dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat mempunyai kemampuan terbesar dalam mengurangi aliran permukaan sekitar 165.2 m³/ha (73.86 %) dan tanah tererosi sebanyak 0.81 ton/ha (82.65 %). Kemudian, sedikit dibawahnya adalah gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat + Bakteri Pelarut Fosfat. Kedua gabungan reinokulasi tersebut berturut – turut mengurangi aliran permukaan sebanyak 162.66 m³/ha (72.72 %) dan 164.67 m³/ha (73.62 %) serta mengurangi tanah tererosi sebanyak

0.80 ton/ha (81.63 %) dan 0.81 ton/ha (82.65 %), bila dibandingkan terhadap kontrol.

3. Pemanfaatan titonia yang direinokulasi dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat mampu memberikan hasil jagung yang lebih tinggi sebanyak 5.80 ton/ha, dan 5.93 ton/ha. Kedua kombinasi jamur dan bakteri tersebut meningkatkan produksi jagung sebanyak 62.46 % dan 66.11 %, bila dibandingkan terhadap kontrol.

5.2 Saran

Untuk memperoleh hasil bahan kering dan hara N, P, K titonia yang lebih tinggi sebagai pagar lorong, mengurangi aliran permukaan dan tanah tererosi, serta meningkatkan produksi jagung, disarankan untuk mereinokulasi rhizosfir titonia pagar lorong pada Ultisol dengan gabungan mikoriza + Jamur Pelarut Fosfat, atau gabungan mikoriza + Bakteri Pelarut Fosfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja dan Mappaona. 2005. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Edisi 2. Bogor. 245 halaman.
- Adiningsih, S., H. Suhardjo, I.P.G. Widjaja Adhi, H. Suwardjo, S. Sukwana, dan M. Sudjadi. 1986. Hasil rencana penelitian lahan kering di Jambi. *Dalam* Risalah Lokakarya Pola Usahatani, Bogor 2-3 September 1986. Buku 2. Halaman 395-427.
- Ahmad, F. 1980. Dasar – Dasar Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Aksi Agraris Kanisius. 1993. Seri Budidaya Jagung. Kanisius. Yogyakarta. 140 halaman.
- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York. 467 p.
- Anas. 1989. Petunjuk Laboratorium Biologi Tanah dalam Praktek. Pusat antar Universitas. Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor. 161 halaman.
- Arsyad, S. 1971. Konservasi Tanah dan Air dalam Pertanian Tanaman Pangan. Rapat Teknis Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. Jakarta. 152 halaman.
- _____. 2000. Konservasi Tanah dan Air dalam Pertanian Tanaman Pangan. Rapat Teknis Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. Jakarta. 152 halaman
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 618 halaman.
- Asman, A. 2009. Isolasi Rhizobakteria dari *Titonia (Tithonia diversifolia)* dan Reinokulasinya sebagai Inokulan untuk Memacu Pertumbuhan dalam Budidaya *Titonia* pada Ultisol. Tesis S2, Program Pascasarjana. Universitas Andalas. Padang.
- Atmojo, S.W. 2003. Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Sebelas Maret University Press. Surakarta. 36 halaman.

- Bachtiar, E. 1987. Pengaruh Beberapa Jenis Kacang-kacangan yang Ditanam di antara Jalur Penyangga Rumput Terhadap Besarnya Erosi. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 66 halaman.
- Berg, R.H. M.E. Tyler, N.J. Novick, V. Vasil dan I.K. Vasil. 1980. Expressio of Rhizobial Nitrogenase; Influence of Plant Cell Conditioned. App. Environ. Microbial 36(1). Halaman 115-120.
- Bermanakusumah, R. 1978. Erosi, Penyebab dan Pengendaliannya. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Bandung. 114 halaman.
- Bibowo, A. 2005. Kombinasi NK Pupuk Buatan dan NK Titonia dengan Periode Pangkas Berbeda untuk Tanaman Jagung pada Ultisol. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 70 halaman.
- Delvian. 2005. Respon Pertumbuhan Dan Perkembangan Cendawan Mikoriza Arbuskula Dan Tanaman Terhadap Salinitas Tanah. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. e-USU Repository ©2005 Universitas Sumatera Utara. 13 halaman.
- Dewi, A. 2007. Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Makalah Sains. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Jatinangor. 20 halaman.
- Ditjen Tanaman Pangan dan Hortikultura. 1996. Pencapaian Swasembada Jagung. Deptan. Jakarta.
- Egi. 2005. Impor Jagung diperkirakan Terus Meningkat. <http://www.Kompas.com/Utama/News/0510/22/033356.htm> (22 Mei 2007).
- Elfiati, D. 2005. Peranan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan. 10 halaman.
- Erfandi, D., I. Juarsah, dan U. Kurnia. 2001. Perbaikan sifat fisik tanah Ultisol Jambi, melalui pengelolaan bahan organik dan guludan. hlm. 171-180. *Dalam* A. Sofyan, G. Irianto, F. Agus, Irawan, W.J. Suryanto, T. Prihatini, M. Anda (Ed.). Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumberdaya Tanah, Iklim, dan Pupuk, Cipayung, 31 Oktober-2 November 2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Evenson, C and R. Jost. 1986. Alley cropping experiment 1985/86 growing season. Tropsoil. Field Research Brief CSR Bogor No. 33 : 1-7 p.

- Fachri. 1996. Pengaruh Kapur dan Emulsi Lateks Terhadap Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 67 halaman.
- Foth, H. D. 1998. Dasar-dasar Ilmu Tanah. (terjemahan Purbayanti, Lukiwati dan Trimutshih. "Fundamental of Soil Science"). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 728 halaman.
- Gandjar, I., W. Sjamsuridzal dan A. Oetari. 2006. Mikrobiologi Dasar dan Terapan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 238 halaman.
- Goenadi, D.H dan Radjagukguk. 1998. Dasar - Dasar Kimia Tanah. Terjemahan dari Principles of Soil Chemistry oleh Tan, K.H. UGM Press. Yogyakarta. 295 halaman.
- Goenadi D. H., Siswanto, dan Yudho Sugiarto. 2000. Bioactivation of Poorly Soluble Phosphate Rocks with a Phosphorus-Solubilizing Fungus. Soil Sci. Soc. Am. J. 64. 927-932 p.
- Gusmini. 2003. Pemanfaatan Pangkasan *Tithonia diversifolia* Sebagai Bahan Substitusi N dan K Pupuk Buatan untuk Tanaman Jahe pada Ultisol. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Andalas. Padang. 69 halaman.
- Hairiah, K., Widiyanto, S. R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, SM. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, Meine van Noordwijk dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi. Refleksi pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF Indonesia. Bogor. 187 halaman.
- Hakim, N. 1984. Penuntun Pratikum Dasar – Dasar Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang.
- Hakim, N; M.Y. Nyakpa; A.M. Lubis; S.G. Nugroho; M.A. Diha; G.B. Hong; H.H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. 488 halaman.
- Hakim, N. 2001. Kemungkinan Penggunaan *Tithonia diversifolia* sebagai Bahan Organik dan Nitrogen. Laporan Penelitian Pusat Pemanfaatan Iptek Nuklir (P3IN) Universitas Andalas. Padang. 49 halaman.
- Hakim dan Agustian. 2003. Gulma *Tithonia* dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Bahan Organik dan Unsur Hara untuk Tanaman Hortikultura. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XI/I. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 65 halaman.
- _____. 2004. Budidaya Gulma *Tithonia* dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Substitusi Pupuk Buatan untuk Tanaman Hortikultura di Lapangan. Laporan

Penelitian Hibah Bersaing XI/II. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 65 halaman.

- _____. 2005. Budidaya *Tithonia* dan Pemanfaatannya dalam Usaha Tani Tanaman Hortikultura dan Tanaman Pangan Secara Berkelanjutan pada Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XI/III. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 67 halaman.
- Hakim, N. 2006. Pengelolaan Kesuburan Tanah Masam dengan Teknologi Pengapuran Terpadu. Andalas University Press. Padang. 204 halaman.
- _____, Agutian, dan Hermansah. 2007. Pemanfaatan Agen Hayati dalam Budidaya dan Pengomposan *Tithonia* sebagai Pupuk Alternatif dan Pengendali Erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Tahun I Hibah Penelitian Tim Pascasarjana-HPTP (Hibah Pasca). Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang. 66 halaman.
- _____. 2008. Pemanfaatan Agen Hayati dalam Budidaya dan Pengomposan *Tithonia* sebagai Pupuk Alternatif dan Pengendali Erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Tahun II Hibah Penelitian Tim Pascasarjana- HPTP (Hibah Pasca). Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang. 61 halaman.
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. PT Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Haryati, U., Haryono, dan A. Abdurachman, 1995. Pengendalian Erosi dan Aliran Permukaan serta Produksi Tanaman Pangan dengan Berbagai Teknik Konservasi pada Tanah Typic Eutropepts di Ungaran, Jawa Tengah. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk, No. 13: 40-50.
- Haryati, U. 2002. Keunggulan dan Kelemahan Sistem Alley Cropping serta Peluang dan Kendala Adopsinya di Lahan Kering DAS Bagian Hulu. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 10 halaman.
- Hayati, R. Nurhajati Hakim dan Eti Farda Husin. 2003. Pemanfaatn *Titonia* (*Tithonia diversifolia*) sebagai Bahan Substitusi NK Pupuk Buatan untuk Tanaman Melon (*Cucumis melo*. L) pada Ultisol. Proseding Kongres Nasional VIII HITI tanggal 1-5 Agustus 2003 Padang.
- Hindersah, R dan S. Simarmata. 2004. Potensi Rhizobacteri *Azotobacter* dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah. Jurnal Natur Indonesia 5(2). Halaman 127-133.

<http://invam.caf.wvu.edu/Myc- info/Taxonomy/classification.htm> [26-8-2007]

- Husin, E.F. 1993. Mikrobiologi Tanah. Buku Pegangan Kuliah Mahasiswa. Universitas Andalas. Padang. 150 halaman.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 24: 389-395
- Illmer, P.A. Barbato and F. Schinner. 1995. Solubizing of hardly soluble $AlPO_4$ with P- solubilizing microorganism. *Soil Biol. Biochem.* 27 : 265 – 270.
- Imas, T., Hadioetomo, R.S, Gunawan, A.W dan Y.Setiadi. 1989. Mikrobiologi Tanah II. Bahan Pengajaran. Pusat antar Universitas Bioteknologi. IPB. 145 halaman.
- Institut Pertanian Bogor. 1987. Monitoring and improving agriline use in trans II area. Laporan Akhir Tim Studi Kapur (TSK IPB). Kerjasama PSP2DT Pusat dengan IPB.
- Isroi, 2005. Bioteknologi Mikroba Untuk Pertanian Organik. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. Bogor. 7 halaman.
- James, E. and F.L. Olivares. 1997. Infection and colonization of sugarcane and other graminaceous plants by endophytic diazotrophicus. *Plant Science.* 17:77-119.
- Jama, B. A., C. A. Palm., R. J. Buresh., A.I. Niang., Gachengo., G. Nziguheba., dan B. Amadalo. 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review *Agroforestry System* 49: 201-221.
- Juanda, D., N. Assa'ad dan Warsana. 2003. Kajian Laju Infiltrasi dan beberapa Sifat Fisika Tanah pada Tiga Jenis Tanaman Pagar dalam Sistem Budidaya Lorong. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan.*, 4(1). Halaman 25-31.
- Kartasapoetra, G: Mulyani, S dan Soetodjo. 1985. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. PT. Bina Aksara. Jakarta. 124 halaman.
- _____, G. 1986. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. PT. Bina Aksara. Jakarta. 182 halaman.
- Kurnia, U., D. Erfandi, dan I. Juarsah. 2000. Pengolahan tanah dan pengolahan bahan organik pada Typic Haplohumults terdegradasi di Jasinga, Jawa Barat. hlm. 285–302. *Dalam* F. Agus, I. Las, A. Sofyan, Sukarman, W.J. Suryanto, Sri Rochayati, M. Anda (Ed.). *Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk.* Cipayung, 31 Oktober–2 November 2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Lauriks, R, R. De Wulf; S. E. Carter and A. I. Niang. 1999. A Methodology for the description of border hedges and the analysis of variables influencing their distribution: a case study in western kenya. *Agroforestry System*. 186 p.
- Legizasvera, C.,D. 2005. Pengaruh Takaran dan Teknik Pengelolaan Pangkasan *Tithonia diversifolia* terhadap Sifat Kimia Ultisol dan Hasil Tanaman Cabai. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 66 halaman
- Lestari Y., R. Saraswati, A. Khairani, dan D. Nazemi. 2006. Kelarutan Fosfat Anorganik oleh Jamur Pelarut Fosfat. *Agroscientiae*., 1(13). Halaman 11-17.
- Lidia, M. H. 2004. Kehilangan Hara Akibat Erosi pada Pengelolaan Beberapa Tanaman Sayuran di Lahan Berlereng Gunung Singgalang. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 62 halaman.
- Luthful, M. 2002. Strategi Perencanaan dan pengelolaan lahan Kering secara Berkelanjutan di Kalimantan. Makalah Falsafah Sains (Pps 702). Program Pascasarjana Institut pertanian Bogor. Bogor. 54 halaman.
- Madjid, A. 2009. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Bahan Ajar Online. Fakultas Pertanian Unsri & Program Studi Ilmu Tanaman, Program Magister (S2), Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya. Palembang. Propinsi Sumatera Selatan. Indonesia. [Http://dasar2ilmutanah.blogspot.com](http://dasar2ilmutanah.blogspot.com).
- Marlena. 2004. Isolasi dan Identifikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada Gulma *Tithonia* yang tumbuh pada berbagai ketinggian tempat. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 82 halaman.
- Maryanti, D. 2006. Isolasi dan Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanaman Pangan dan Semak. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 84 halaman.
- Mujib, M.D. Setyati dan S. Trimurti. 2003. Efektivitas Bakteri pelarut Fosfat dan Pupuk P terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L) pada Tanah Masam. FMIPA Universitas Jember. 14 halaman.
- Munir, E. 2006 . Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Diucapkan di Hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara. USU. Medan. 33 halaman.
- Nursyamsi, D., J. Sri Adiningsih, Sholeh, dan A. Adimihardja. 1997. Penggunaan bahan organik untuk meningkatkan efisiensi pupuk N pada Ultisol Sitiung,

- Sumatera Barat. hlm. 319–330. *Dalam* H. Subagyo, S. Sabiham, R. Shofiyati, A.B. Siswanto, Irawan, A. Rachman, Ropi (Ed.). Prosiding Kongres Nasional VI HITI. Jakarta, 12–15 Desember 1995.
- Nuryani. 2006. Pengukuran Produksi dan Isolasi Bakteri Penghasil Fitohormon pada Beberapa Rhizosfir Tanaman. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 72 halaman.
- Olivares, E. 2003. The effect of lead on the phytochemistry of *Tithonia diversifolia* exposed to roadside automotive pollution or grown in pots of Pb-supplemented soil. *Braz. J. Plant Physiol.*, 15(3):149-158.
- Paul, E.A dan F.E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, Inc. London. 273 p.
- Prasetyo, B.H., H. Sosiawan, and S. Ritung. 2000. Soil of Pametikarata, East Sumba: Its suitability and constraints for food crop development. *Indon. J. Agric. Sci.* 1(1): 1–9.
- Prasetyo, B.H, D. Subardja, dan B. Kaslan. 2005. Ultisols dari bahan volkan andesitic di lereng bawah G. Ungaran. *Jurnal Tanah dan Iklim.*, 23: 112.
- _____ dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian.*, 25(2). Halaman 39-46.
- Purnomo, J. 1998. Pengaruh Jamur Pelarut Fosfat dan Jenis Bahan Pembawanya Terhadap Ketersediaan P dan Serapan P Tanaman Kedele (*Glycine max* (L) Merr) pada Ultisol. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 66 halaman.
- Rahim, E.S. 2000. Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup. Bumi Aksara. Jakarta. 97 halaman.
- Rajankar, P.N., D.H Tambekar dan S.R. Wate. 2007. Study of Phosphate Solubilization Efficiencies of Fungi and Bacteria Isolated From Saline Belt of Purna River Basin. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6). INSInet Publication. 701-703 p.
- Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi kedua. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 353 halaman.
- Rosmarkam, A. dan N.W Yuwono. 2001. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta. Kanisius. 224 halaman.

- Rubio, M. G., A.V.C. Plata, B.C. Castillo dan M.N. Neito. 2000. Isolation of *Enterobacteria*, *Azotobacter* sp dan *Pseudomonas* sp., producers of indole-3-acetia acid dan siderophores, from Colombian Rice rhizophere. *Revista Latino Americana de Microbiologia*. 42 : 171 – 176.
- Rusman, B. 1991. Pengaruh Berbagai Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Mulsa terhadap Sifat Fisika Tanah dan Hasil Tanaman Jagung pada Tanah Podzolik. Fakultas Pertanian. Pusat Penelitian Universitas Andalas. Padang. 70 halaman.
- Rusmana, I. dan D. Hadijaya. 1994. Aktivitas nitrogenase *Azospirillum* sp. dan efektivitas simbiotik dengan jagung. *Hayati jurnal, Bio Sains.*, 1(2) .
- Sanchez, P.A and B.A Jama. 2000. Soil Fertility Repletismen Takes at in East an Southern Africa. International Symposium on Balanched Nutrient Manajemen System For The Moist Savana and Humid Forest Zones of Africa. Held on 9 Oktoer 2000 in Benin., Africa. 655 p.
- Santoso, D., Suwarto, S.R dan Aprillani. 1983. Penuntun Analisa Tanaman. Buletin Teknik Penelitian Tanah. Pusat Penelitian Tanah. Bogor. 47 halaman.
- Sarief, S. 1985. Konservasi Tanah dan Air. Pustaka Buana. Bandung. 146 halaman.
- Schlegel, G.H. dan K. Schmidt. 1994. Mikrobiologi Umum. Edisi ke-6. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 688 halaman.
- Setiadi, Y. 2007. Bekerja dengan Mikoriza Untuk daerah Tropik. Workhsop Mikoriza, Kongres Nasional Mikoriza Indonesia II. Bogor, 17-18 Juli 2007.
- Setiawati, M. R. Pupuk Biologis dari Mikroba Pelarut Fosfat. Pikiran Rakyat Cyber Media, Kamis, 11 Maret 2004.
- Simanungkalit, R.D.M. 2007. Cendawan mikoriza arbuskuler. *Dalam: Pupuk organik dan pupuk hayati*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Halaman 159-190.
- Soedarsono, J. 1981. Mikrobiologi Tanah (ringkasan kuliah) Yogyakarta. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM. 47 halaman
- Soegiman. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan dari The Nature and Properties of Soils oleh Buckman and Brady. Barata Karya Aksara. Jakarta. 788 halaman.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. IPB. Bogor. 591 halaman.

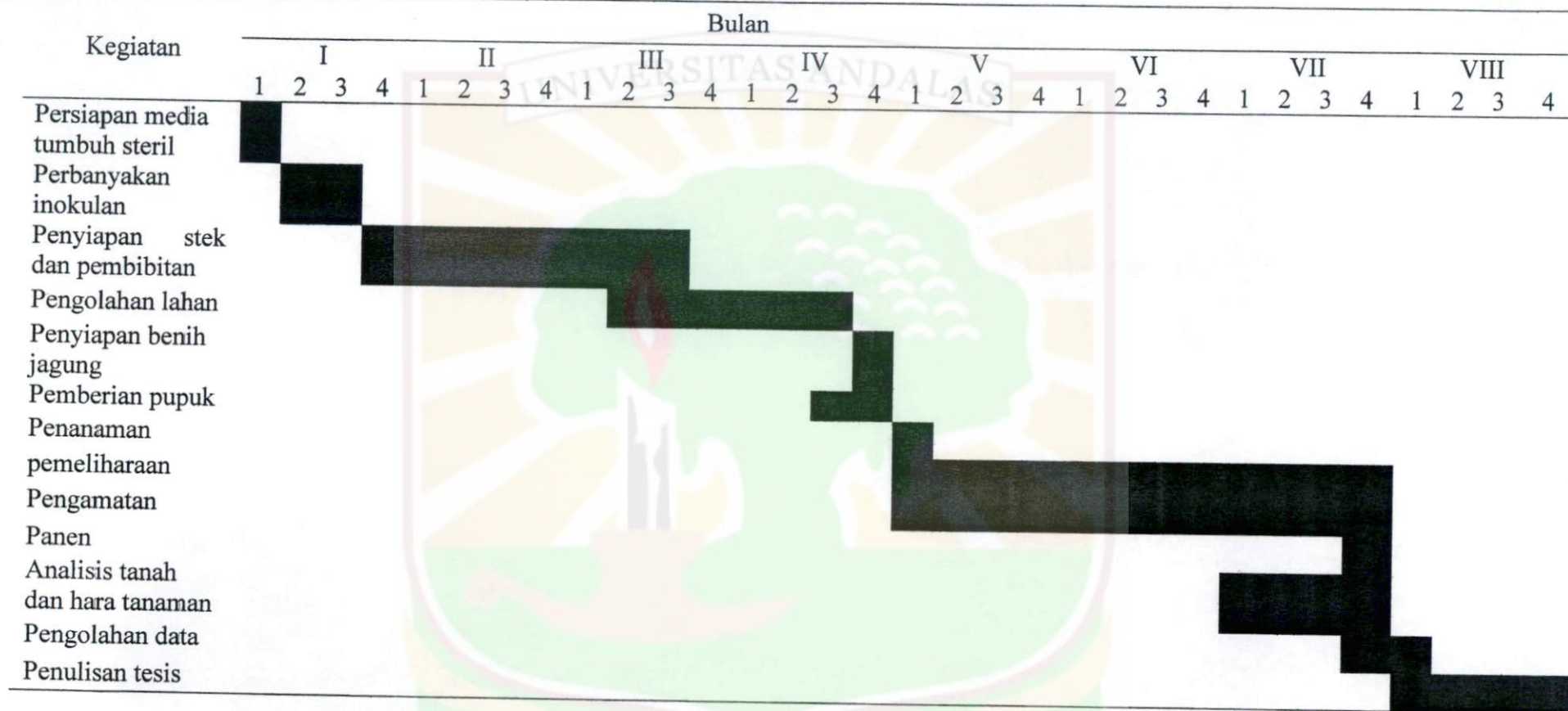
- Subagyo, Suharta dan A.B Suwanto. 2004. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. dalam Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Sumber Daya Lahan di Indonesia dan Pengelolaannya. PPTA. Balitbang Pertanian. Deptan Bogor. 78 halaman.
- Subba Rao, N.S. 1982. Biofertilizers in agriculture. Oxford dan IBH Publishing Co., New Delhi. 186 p.
- Suprpto, 1991. Bertanam Jagung. Penebar Swadaya. Jakarta. 26 halaman.
- Supriyadi. 2003. Studi Penggunaan Biomassa *Tithonia diversifolia* dan *Tephrosia candida* Untuk Perbaikan P dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.) di Andisol. Disertasi Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang. 172 halaman.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Edisi 3. Kanisius Yogyakarta.
- Sutedjo, M.M, A.G. Kartasapoetra, dan S. Sastroatmodjo. 1991. Mikrobiologi Tanah. Bineka Cipta. Jakarta. 447 halaman.
- Sutoro, Y., Sulaiman dan Iskandar. 1988. Budidaya Tanaman Jagung. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Bogor. Halaman 46-66.
- Suyana, J. 2003. Penerapan Teknologi Konservasi *Hedgerows* untuk Menciptakan Sistem Usahatani Lahan Kering Berkelanjutan. Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana IPB. Bogor. 11 halaman.
- Suyoko. 2009. Pengaruh Pemberian 2 Jenis Pupuk Hijau pada 3 Kelas Lereng terhadap Stabilitas Agregat Ultisol dan Berat Kering Tanaman Jagung (*Zea mays* L). Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Syafei. R. 2007. Penapisan dan Karakterisasi Azotobakter pada Rhizosfir Titonia (*Tithonia diversifolia*) yang Tumbuh di Ultisol. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 68 halaman.
- Sylvia, M., J.J. Furhmann, P.G. Hartel, dan D.A. Zuberer. 1998. Principles and Applications os Soil Microbiology. New Jersey. Pentice Hall Upper Saddle River. 59 halaman.
- Venkateswarlu, K dan A.V. Rao. 1983. Response of Pearl millet to inoculation with Different Strain of *Azospirillum brasilense*. Plant Soil. 74-379 p.
- Wedastri, S. 2002. Isolasi dan seleksi *Azotobacter spp* Penghasil Faktor Tumbuh dan Penambat Nitrogen dari Tanah Masam. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Halaman 45-51.

Warisno. 1998. *Budidaya Jagung Hibrida*. Kanisius. Jakarta. 81 halaman.

Zaini, Z., A. Taher, and A. Jugsujinda. 1985. Soil fertility and plant studies for upland rice in Sitiung acid upland soil of west Sumatera. Sukarami Research Institute for Crop, Padang, Indonesia.



Lampiran 1. Jadwal Kegiatan Penelitian



Lampiran 2. Deskripsi Tanaman Jagung BISI 2*)

Nama Hibrida	: BISI 2
Produsen	: PT Andalas Agrindo Mandiri, Solok, SumatraBarat
Tipe Hibrida	: Hibrida Silang Tunggal
Umur	: Berumur agak dalam
50% Polinasi	: 56-58 HST
50% Keluar rambut	: 58 – 62 HST
Masak fisiologis	: 96 HST (< 600 dpl), 118 HST (< 600 dpl)
Tinggi tanaman	: 205 cm
Keragaman	: Seragam
Batang	: Besar dan kuat
Warna batang	: Hijau
Kerebahan	: Tahan
Warna daun	: Hijau
Bentuk malai	: Besar dan terbuka
Warna malai	: Putih kekuningan
Warna sekam	: Putih
Perakaran	: Sangat baik
Bentuk tongkol	: Silindris, panjang 21 cm
Jumlah tongkol	: Dua buah
Kelobot	: Menutup tongkol
Baris	: Lurus dan rapat
Jumlah baris	: 14-16
Tipe biji	: Mutiara
Warna biji	: Kuning
Ketahan penyakit	: Toleran terhadap bulai, hawar daun H. Turcicum serta sangat tahan terhadap karat daun
Daerah sebaran	: Dataran rendah hingga 1200 m dpl
Kerapatan tanam	: Dianjurka 100 cm x 20 cm, 1 butir perlubang
Peneliti	: H. Syukri, Darfius Mahyuddin, Ir. Sahrul, Ms

*) PT. Benih Inti Subur Intani, 2000

Lampiran 3. Alat dan bahan yang digunakan di lapangan

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah
1	Cangkul	3 buah
2	Meteran	1 buah
3	Tali Plastik	3 gulung
4	Papan	9 lembar
5	Kantong Plastik	50 buah
6	Kertas Label	18 buah
7	Spidol	3 buah
8	Pisau	3 buah
9	Plat seng	21 lembar
10	Paralon (talang air)	11 batang
11	Paku	1 kg
12	Palu	2 buah
13	Corong	18 buah
14	Timbangan	1 unit
15	Abney Hand level	1 unit
16	Note Book	1 buah
17	Bibit Jagung	800 benih
18	Pupuk Urea	2 kg
19	Dirigen	1 buah
20	Tutup paralon	18 buah
21	Pestisida	3 cc
22	Pupuk KCL	2 kg
23	Pupuk SP36	2.5 kg
24	Kompos Titonia	19 kg
25	Kompos Kedelai	36.32 kg
26	Stek Titonia	432 batang
27	Polibeg	432 buah
28	Ember	2 buah

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah
29	Pancang	312 buah
30	Karet ban untuk pengikat	18 buah
31	Grinder	1 buah
32	Gunting tanaman	3 buah
33	Gunting seng	2 buah
34	Kapur	7.2 kg
34	Pupuk kandang	72 kg



Lampiran 4. Alat dan Bahan yang digunakan di laboratorium

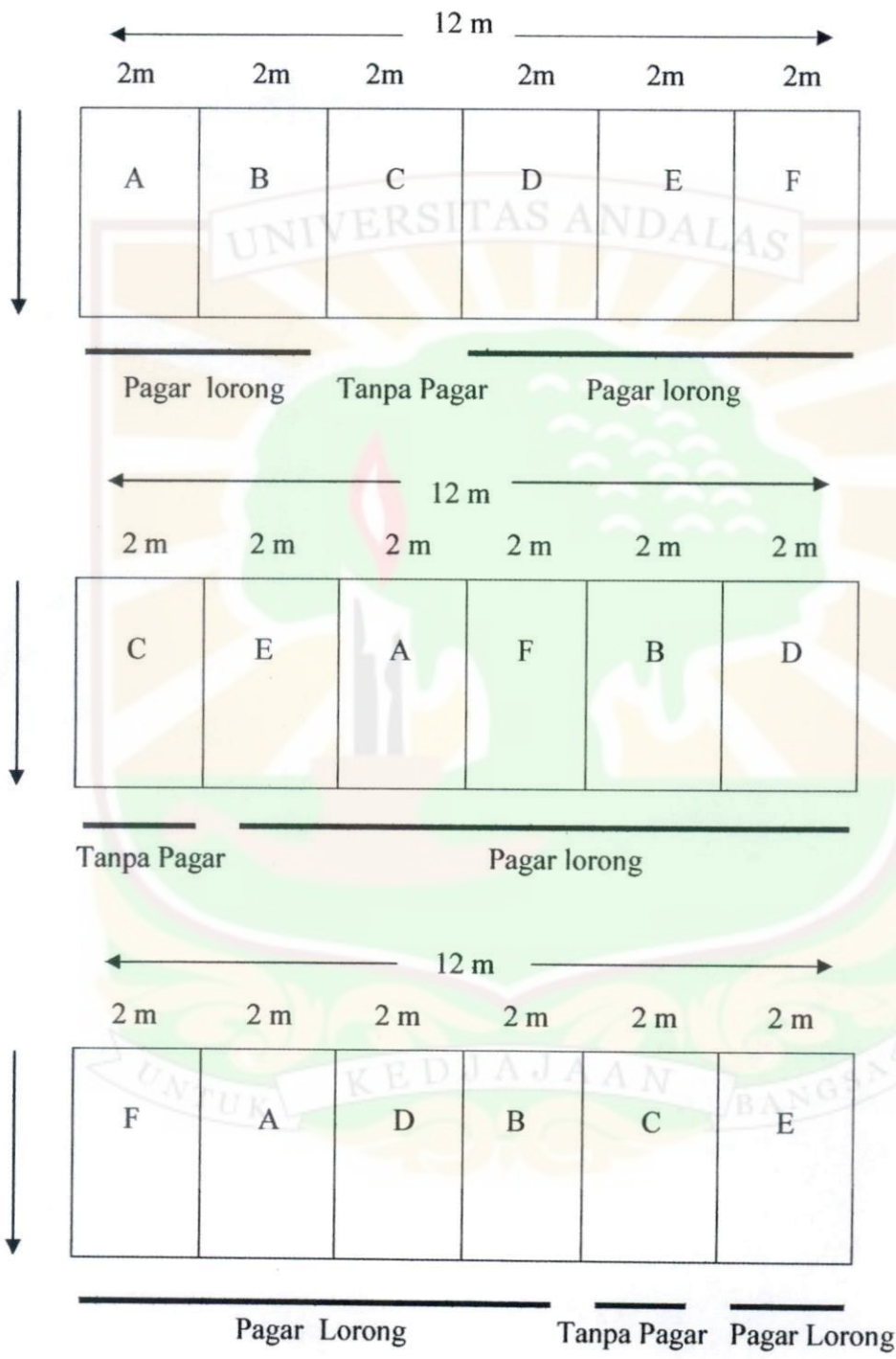
No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah
1	Timbangan analitik	1 buah
2	Oven	1 buah
3	Cawan Aluminium	18 buah
4	Ayakan 2 mm	1 buah
5	Eksikator	1 buah
6	Gelas Ukur 100 ml	2 buah
7	Gelas Ukur 10 ml	1 buah
8	Erlemeyer 100 ml	8 buah
9	Erlemeyer 250 ml	20 buah
10	Labu Ukur 50 ml	10 buah
11	Pipet Hisap 10 ml	1 buah
12	Botol Semprot	1 buah
13	Corong	10 buah
14	Mesin Pengocok	1 unit
15	Tabung Film	18 buah
16	Tungku Pemanas Listrik	1 unit
17	Labu kjedhal	18 buah
18	Aquades	100 L
19	Kalium klorida	150 g
20	Kalium Kromat	20 g
21	Asam Sulfat	2,5 L
22	Barium Chlorida	20 g
23	Hidrogen Peroksida	200 ml
24	Asam Chlorida Pekat	100 ml
25	Natrium Fluorida	40 g
26	Kalium Fosfat K_2HPO_4	0.2195 g
27	Amonium Asetat	120 g

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah
29	Natrium Hidroksida	600 g
30	Selenium	48 g
32	Indikator conway	144 ml
33	Sakarosa Baku	29.68 g
34	Amonium Molibdat	4 g
35	Kalium antimonitartat	0.275 g
36	Asam Borak	45 g
37	Asam Askorbit	1.75 g
38	Indikator pp	160 ml
39	Autoclav	1 unit
40	Inkubator	1 unit
41	Spectrophotometer	1 unit

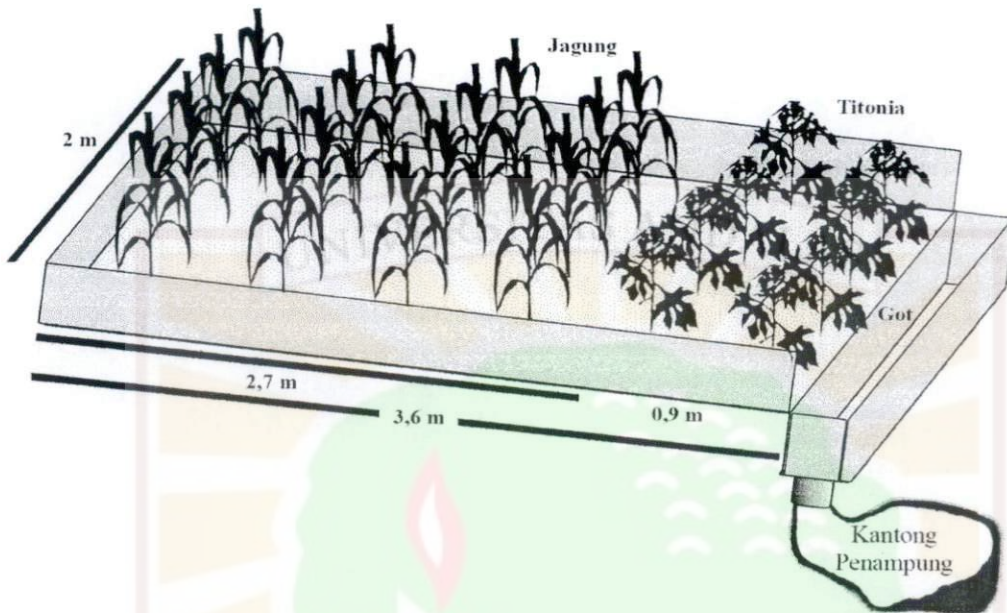
Lampiran 5. Takaran pemberian perlakuan

Perlakuan	Mikoriza (g)	JPF (g)	BPF (ml)	Azospirillum (ml)	Azotobacter (ml)	Urea (g)	SP36 (g)	KCL (g)	Kiserit (g)
A	-	-	-	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
B	50	-	-	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
C	-	20	-	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
D	50	20	-	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
E	50	-	10	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
F	50	20	10	-	-	0.56	0.16	0.6	0.15
G	50	-	-	10	-	0.56	0.16	0.6	0.15
H	50	-	-	5	5	0.56	0.16	0.6	0.15
I	50	-	3.5	3.5	3.5	0.56	0.16	0.6	0.15
J	50	20	3.5	3.5	3.5	0.56	0.16	0.6	0.15

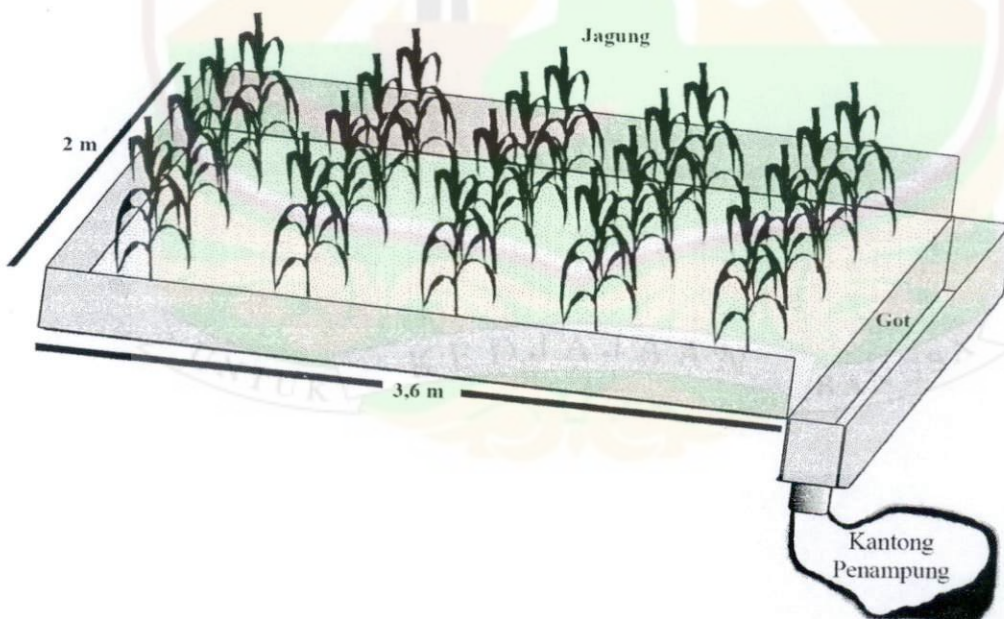
Lampiran 6. Denah penempatan petak percobaan di lapangan



Lampiran 7. Petak Percobaan Erosi



Gambar. Petak percobaan dengan pagar lorong titonia



Gambar. Petak percobaan tanpa pagar lorong

Lampiran 8. Prosedur analisis tanah di laboratorium

a. Kadar Air

Berat ring dan tanah ditimbang dalam keadaan basah, kemudian dimasukkan kedalam oven pada suhu 105 °C selama 2 x 24 jam. Setelah itu dikeluarkan dari oven, dimasukkan ke dalam eksikator selama 15 menit. Seterusnya ring dan tanah kering ditimbang, kemudian ditimbang berat ring kosong. (Lembaga Penelitian Tanah, 1979).

Perhitungan :

$$\text{Kadar air \% Berat} = \frac{\text{Berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Air \% Volume} = \text{Kadar Air \% berat} \times \text{Berat Volume}$$

$$\text{Berat Basah} = \text{Berat Tanah Basah} - \text{Berat Ring}$$

$$\text{Berat Kering} = \text{Berat Tanah Kering} - \text{Berat Ring}$$

b. Berat Volume

Setelah berat kering dari sampel tanah didapatkan seperti pada butir a, maka selanjutnya dicari volume dari ring sampel, dengan asumsi volume ring sama dengan volume tanah (Lembaga Penelitian Tanah, 1979).

Perhitungan :

$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Berat tanah kering}}{\text{Volume ring}}$$

$$\text{Volume ring} = \pi r^2 \times \text{tinggi}$$

$$\pi = 3,14$$

$$r = \text{jari-jari lingkaran ring}$$

$$t = 4 \text{ cm}$$

c. Penetapan pH tanah dengan metoda elektrometrik

Bahan : Aquadest, KCl 1 N, standar pH 4 dan pH 7

Cara kerja :

Ditimbang 10 g contoh tanah, di masukkan ke dalam tabung film dan ditambahkan dengan 10 ml aquadest. Kemudian sebanyak 10 g contoh tanah yang sama dimasukkan ke dalam tabung film dan ditambahkan 10 ml KCl 1 N, dikocok selama 15 menit. Setelah itu diukur pH dengan menggunakan pH meter yang telah distandarkan dengan larutan buffer pH 4 dan pH 7.

d. Penetapan Al-dd tanah dengan metoda volumetri (Hakim *et al*, 1984)

Pereaksi : Larutan KCl 1 N (74,5 g KCl dijadikan volume 1000 ml dengan aquadest), indikator pp (0,1 g phenolptalein dilarutkan hingga volume 100 ml dengan etanol 96 %), Larutan NaF 4 %, HCl 0,1 N dan NaOH 0,1 N (4 g dijadikan volume 1000 ml).

Cara kerja :

5 g contoh tanah yang telah ditimbang, dimasukkan kedalam erlemeyer 250 ml dan ditambahkan 50 ml KCl dan dikocok selama 15 menit. Lalu larutan disaring dan hasil saringan dipipet sebanyak 25 ml dan ditambahkan 3 tetes indikator pp. Larutan dititrasi dengan NaOH sampai warna merah muda muncul, catat NaOH yang terpakai. Kemudian tambahkan beberapa tetes HCl sampai warna merah hilang. NaF ditambahkan sebanyak 5 ml dan warna merah akan muncul. Larutan tersebut dititar dengan HCl sampai warna merah hilang dan catat jumlah HCl yang terpakai.

Perhitungan : $\text{Al-dd (me/100 g)} = (\text{ml} \times \text{N}) \text{ HCl} \times 50/25 \times 50/10 \times \text{KKA}$

e. Penetapan N-total tanah dengan metoda Kjeldahl (Hakim *et al*, 1984)

Bahan : H_2SO_4 pekat, NaOH 40 %, H_3BO_3 , Indikator Conway, H_2SO_4 0,1 N, serbuk selenium.

Prosedur : Ditimbang 1 g contoh tanah kering lolos ayakan 0,5 mm dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Ditambahkan 1 g bubuk selenium, dan 5 ml asam sulfat pekat, serta goyangkan. Lalu campuran tersebut didestruksi diatas tungku listrik dalam lemari asam dengan api kecil, kemudian dibesarkan sampai larutan menjadi putih susu, diangkat dan didinginkan, lalu tambahkan 50 ml aquades. Larutan tersebut dipindahkan kedalam labu didih dan di tambahkan 15 ml NaOH 40 %. Labu didih dihubungkan dengan alat destilasi dan kran air pendingin dibuka. Hasil destilasi ditampung dengan 15 ml 4 % H_3BO_3 dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 2 tetes indikator conway. Tungku pemanas dihidupkan dan didestilasi selama 15 menit, tetesan destilat akan turun melalui pipa penyuling ke dalam Erlenmeyer penampung. Bila tetesan destilat tidak lagi mengandung Amoniak, ujung pipa yang terendam destilat disemprot dengan air suling, lalu hasil destilat diangkat. Ujung pipa dimasukan ke dalam tabung yang berisi aquades dan api tungku dimatikan. Hasil destilasi dititar dengan larutan 0,1 N H_2SO_4 sampai warna hijau berubah menjadi warna merah muda. Jumlah H_2SO_4 yang terpakai dicatat. Lalu dilakukan cara yang sama terhadap blanko.

Perhitungan : $N \text{ total (\%)} = (t-b) \times 0,1 \times 14 \times 100/w \times KKA$

Dimana : t = ml H_2SO_4 untuk penitar contoh

b = ml H_2SO_4 untuk penitar blonko

0,1 = normalitas H_2SO_4 penitar

14 = bobot atom nitrogen

w = berat tanah yang di gunakan (mg)

KKA = $1 + \% \text{ Kadar Air}$

f. Penetapan K, Ca, dan Mg dapat ditukarkan dengan metoda amonium asetat (Hakim *et al*, 1984)

Prosedur : Ditimbang 5 gram contoh tanah lolos ayakan 2 mm diperkolasi dengan amonium asetat 1 N pH 7 sebanyak 100 ml ke dalam labu ukur 100 ml, sampai volumenya menjadi 100 ml. Untuk penetapan K, Ca, Mg tanah dilakukan pengenceran 10 kali (5 ml menjadi 50 ml), kemudian ekstrak diukur dengan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) yang telah distandarkan menurut jenis analisis yang telah dilakukan.

$$\text{Perhitungan : Ca-dd (me/100g)} = \frac{100/5 \times 50/5 \times ppm \text{ Ca}}{100 \times BE \text{ Ca}} \times KKA$$

$$\text{Perhitungan : K-dd (me/100g)} = \frac{100/5 \times 50/5 \times ppm \text{ K}}{100 \times BE \text{ K}} \times KKA$$

$$\text{Perhitungan : Na-dd (me/100g)} = \frac{100/5 \times 50/5 \times ppm \text{ Na}}{100 \times BE \text{ Na}} \times KKA$$

$$\text{Perhitungan : Mg-dd (me/100g)} = \frac{100/5 \times 50/5 \times ppm \text{ Mg}}{100 \times BE \text{ Mg}} \times KKA$$

g. Penetapan C-Organik dengan Metoda Walkey and Black (Hakim *et al*, 1984)

Pertama dibuat larutan baku yang mengandung 5, 10, 15, 20 dan 25 ml C, yaitu dengan cara melarutkan 29,68 g sukrosa baku yang telah kering dengan air suling dalam labu ukuran 250 ml, lalu dipipet berturut-turut 5, 10, 15, 20 dan 25 ml, diencerkan sehingga 100 ml dengan aquades. Masing-masing larutan yang telah diencerkan ini dipipet sebanyak 2 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Ditimbang 0,50 g tanah dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 10 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 20 ml H_2SO_4 pekat, kocok selama 30 menit. Setelah itu ditambahkan 100 ml Ba_2Cl_2 0,5% sehingga sulfat mengendap menjadi $BaSO_4$. Hal yang sama dilakukan terhadap larutan baku kemudian didiamkan selama 1 malam. Larutan ini diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 mμ.

Perhitungan :

$$\% \text{ C organik} = \frac{\text{mg C kurva}}{\text{mg contoh tanah}} \times 100 \% \times \text{KKA}$$

$$\text{Persentase bahan organik} = 1.72 \times \% \text{ C- organik}$$

h. Penetapan P-tersedia dengan metode Bray II

Bahan : Larutan P-A, Larutan P-B, Larutan P-C

Cara kerja :

Ke dalam labu erlemeyer 50 ml dimasukkan tanah kering udara sebanyak 1,5 g dan tambahkan 15 ml larutan Bray II serta 1 g karbon aktif kemudian dikocok selama 15 menit dengan mesin pengocok lalu saring, 5 ml dari hasil saringan dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Tambahkan dngan 5 ml larutan P-B dan

dikocok. Kemudian tambahkan pula 5 tetes larutan P-C dan kembali dikocok selama 15 menit, dan kadar P diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 660 nm. Untuk pembakuan dibuat satu deret larutan baku berkadar 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm P dengan melarutkan 0,2195 g KHP_2O_4 dengan satu liter larutan Bray II. Lakukan pemipetan berturut-turut 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 ml larutan 50 ppm P labu ukur 100 ml, maka didapatkan larutan baku yang dimaksud. Pipet 5 ml larutan baku ke dalam tabung reaksi kemudian tambahkan 5 ml larutan P-B dan larutan P-C dan seterusnya sampai rata untuk penetapan contoh.

Perhitungan :
$$P \text{ tanah (ppm)} = P \text{ ppm kurva} \times \frac{15}{1,5} \times KKA$$

Lampiran 9. Metoda dan prosedur analisis hara Titonia

1. Penetapan Berat Kering Titonia

Titonia dipangkas 10 cm dari pangkal cabang, lalu ditimbang berat basah nya. Kemudian dimasukkan ke dalam amplop untuk dikering ovenkan pada suhu 60°C hingga bobot tetap. Bobot kering sampel ditimbang untuk menghitung hasil bobot kering per perlakuan.

2. Destruksi Bahan Tanaman (Santoso, Suwanto, dan Aprillani, 1983) Destruksi basah dengan $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ (Lindner dan Harley) untuk penetapan N, P, dan K.

Bahan kering titonia dihaluskan dengan grinder. Contoh tanaman sebanyak 0,250 gram dimasukkan ke dalam labu kjeldahl 100 ml, ditambah 2,5 ml H_2SO_4 pekat. Dibiarkan semalam untuk menghindari pembuihan yang berlebihan.

Keesokan harinya dipanaskan selama 15 menit di atas tungku listrik di ruang asam, mula-mula pada suhu rendah. Kemudian suhu dinaikkan sedikit demi sedikit hingga $\pm 150^\circ\text{C}$. Setelah kira-kira 30 menit ditambahkan 5 tetes hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%, dalam selang waktu 10 menit. Pemberian H_2O_2 dilakukan berulang-ulang hingga cairan dalam labu kjeldahl menjadi jernih. Setelah itu dipanaskan pada suhu kira-kira 250°C , sampai cairan yang tertinggal $\pm 2,5$ ml, kemudian didinginkan.

Setelah didinginkan, diencerkan dengan aquades sekitar 25 ml. Dikocok, disaring dan hasil saringan ditampung dalam labu ukur 50 ml, dan dipaskan hingga tanda garis dengan aquades. Hasil saringan ini dinamakan cairan destruksi pekat dan

dari cairan ini ditetapkan Nitrogen. Sebanyak 5 ml cairan destruksi pekat dipipet ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan aquades hingga tanda garis. Cairan ini dinamakan cairan destruksi encer. Dari cairan ini ditetapkan P dan K.

3. Penetapan Nitrogen

Sebanyak 20 ml cairan destruksi pekat (100 mg) dipipet ke dalam labu Kjeldahl. Ditambahkan aquades sampai 40 ml, ditambah 15 ml NaOH 30 % dan segera dihubungkan dengan alat destilasi. Didestilasi selama ± 30 menit (sampai volume penampung 40 ml). Hasil destilasi ditampung dalam Erlenmeyer 50 ml yang berisi 15 ml asam borat 1 % yang telah diberi 3 tetes indikator conway. Amonia yang tersuling dititar dengan H_2SO_4 0,05 N sampai pada perubahan warna dari hijau ke merah muda. Pekerjaan yang sama dilakukan untuk blanko.

Perhitungan:

$$N \text{ total (\%)} = \frac{(\text{ml } \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{ml blanko}) \times N \text{H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100 \times KKA}{\text{mg contoh (100 mg)}}$$

$$\text{dalam hal ini bobot contoh} = \frac{20 \text{ ml}}{50 \text{ ml}} \times 250 \text{ mg} = 100 \text{ mg}$$

$$\text{sehingga; } N \text{ total (\%)} = (\text{ml contoh} - \text{ml blanko}) \times N \text{H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times KKA$$

4. Penetapan Fosfor

Pereaksi campuran:

Pereaksi terdiri dari 50 ml H_2SO_4 5 N, 15 ml ammonium molibdat 4%, 5 ml larutan kalium antimonitrat dan 30 ml asam askorbat 0,1 N dicampur dalam labu ukur 500 ml diencerkan sampai tanah garis dengan aquades. Larutan standar dibuat

dengan menimbang sebanyak 0,2195 gram KH_2PO_4 yang telah dikeringkan selama 2 jam pada suhu 105°C yang kemudian dilarutkan dalam 0,15 N H_2SO_4 dan diencerkan dengan aquades sampai 1000 ml yang disebut dengan larutan standar 50 ppm P. Dari 50 ppm ini diencerkan sehingga diperoleh deret standar 0,5; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm P serta dibuat standar 0 ppm P.

Cairan destruksi encer dipipet 5 ml ke dalam labu ukur 50 ml. Untuk penetapan deret standar P, dipipet masing-masing 2 ml deret standar P kedalam labu ukur 50 ml. Deret standar yang mengandung 0 ppm P digunakan untuk menyetel titik 100% T pada spektrofotometer. Kemudian ditambah 8 ml campuran pereaksi P dan dikocok. Setelah 15 menit diukur dengan Spektrofotometer dengan filter 693 nm. Deret standar P digunakan sebagai pembanding konsentrasi P dalam contoh. Mula-mula diukur deret standar P kemudian baru contoh. Absorban dibaca pada skala spektrofotometer.

Perhitungan:

$$\% \text{ P} = 0,2 \times \text{ppm P dari kurva setelah dikoreksi standar} \times \text{KKA}$$

5. Penetapan Kalium

Kadar K diukur dari cairan destruksi encer pada Flamephotometer. Mula-mula diukur deret standar, kemudian baru contoh. Standar K dibuat dengan deret 0; 2,5; 5; 10; 15; 20 dan 25 ppm K. Emisi dibaca dari skala Flamephotometer. Kepekatan K (ppm) dalam contoh yang diukur dicari dengan kurva regresi.

Perhitungan:

$$\% \text{ K} = 0,2 \times \text{ppm K dari kurva setelah dikoreksi standar} \times \text{K}$$

Lampiran 10. Rata – rata % kadar hara titonia

1. % kadar hara N titonia

Perlakuan	% N titonia	
	Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	1.22	1.22
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	2.59	1.37
D = mikoriza + JPF	3.90	3.04
E = mikoriza + BPF	4.32	2.34
F = mikoriza + JPF + BPF	3.70	2.95

2. % kadar hara P titonia

Perlakuan	% P titonia	
	Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	0.30	0.20
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	0.37	0.35
D = mikoriza + JPF	0.45	0.41
E = mikoriza + BPF	0.44	0.43
F = mikoriza + JPF + BPF	0.42	0.42

3. % kadar hara K titonia

Perlakuan	% K titonia	
	Pangkas I	Pangkas II
A = Kontrol (tanpa jamur dan bakteri)	2.38	1.76
B = mikoriza + <i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	3.39	2.29
D = mikoriza + JPF	4.08	3.28
E = mikoriza + BPF	4.08	3.14
F = mikoriza + JPF + BPF	4.15	2.48

Lampiran 11. Jumlah hari hujan dan curah hujan selama penelitian dari 1 April 2009 – 31 Juli 2009 di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

Tanggal	Bulan Pengamatan Curah Hujan (mm)			
	April	Mei	Juni	Juli
1	10.2	-	-	87.68
2	-	37.56	-	-
3	-	-	39.3	-
4	42.8	40.57	-	61.5
5	-	-	-	-
6	48.2	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	43.25	-
9	-	-	-	51,12
10	18.6	-	-	-
11	-	33.4	-	58.6
12	26.8	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	46.8	31.45	-
15	-	-	-	-
16	-	17,6	124.5	-
17	-	49.47	-	-
18	-	-	-	110.6
19	-	-	-	-
20	-	-	-	-
21	-	-	-	-
22	-	-	-	-
23	10.2	-	-	-
24	-	-	10.2	-
25	-	-	-	-
26	-	-	18.6	-
27	-	-	-	-
28	-	-	-	-
29	-	-	-	-
30	-	-	-	-
31	-	-	-	-
Jumlah hari hujan	6	6	6	5
Jumlah curah hujan	156.8	225.4	267.3	369.5

Lampiran 12. Data aliran permukaan dan tanah tererosi per kejadian hujan

Data aliran permukaan dan tanah tererosi April 2009 Ulangan I

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	10.20	4.30	2.30	9.50	-	-	-	23.00	6.10	43.00	-	-	-
4	42.80	6.70	3.00	13.00	0.91	1.15	0.95	27.00	10.00	63.00	5.00	6.70	5.70
6	48.20	7.00	4.00	14.30	1.90	2.80	2.10	33.00	11.00	67.00	6.00	7.90	6.90
10	18.60	5.00	3.00	10.20	0.61	0.82	0.72	20.00	9.00	51.00	3.00	3.90	3.90
12	26.80	4.75	3.20	10.00	0.75	0.95	0.80	23.00	7.50	59.00	3.60	4.00	3.00
23	10.20	3.75	2.00	9.00	-	-	-	20.00	5.40	43.00	-	-	-

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Mei 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
2	37.56	5.50	3.00	11.50	1.75	0.87	0.80	27.00	8.20	62.00	6.00	6.70	6.00
4	40.57	6.40	3.00	12.00	0.90	1.16	0.95	36.00	11.00	68.00	6.20	7.00	5.50
11	33.40	6.00	2.20	13.00	0.72	0.82	0.70	32.00	5.50	58.00	4.00	5.20	4.30
14	46.80	10.70	2.75	14.50	1.50	2.10	1.67	21.00	10.00	70.00	4.00	5.10	4.00
16	17.60	4.60	2.50	10.70	0.65	0.95	0.71	20.00	8.30	53.00	2.80	3.80	3.00
17	49.47	12.20	3.50	14.80	1.60	2.55	1.69	40.00	12.00	70.00	6.00	6.20	6.00

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juni 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
3	39.30	5.75	3.40	16.50	0.87	1.23	0.90	23.00	10.00	63.00	6.00	7.10	6.40
8	43.25	6.50	4.00	14.00	1.95	1.90	1.10	27.00	12.00	69.00	6.10	6.50	6.00
14	31.45	5.70	2.70	12.70	0.80	1.25	0.94	26.00	8.30	61.00	5.00	6.00	4.70
16	124.50	13.80	8.30	18.00	6.50	6.80	5.75	60.20	35.00	92.00	15.00	15.30	14.77
24	10.20	4.20	2.10	10.20	-	-	-	19.00	5.00	50.00	-	-	-
26	18.60	4.30	3.00	11.00	0.70	0.96	0.84	22.00	7.50	53.00	4.20	3.30	2.00

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juli 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	87.68	9.60	5.20	12.00	4.80	4.80	4.00	42.00	22.00	74.00	8.30	8.70	9.40
4	61.50	8.00	4.30	11.50	3.40	3.00	2.90	40.50	17.40	70.00	7.20	7.50	7.00
9	51.12	6.20	3.00	9.00	2.60	2.80	3.00	38.30	14.00	64.50	4.05	4.60	5.20
11	58.60	7.00	3.20	12.00	2.50	2.00	5.48	41.00	17.20	84.50	5.20	5.50	6.37
18	110.60	12.60	7.10	26.10	6.70	6.60	6.00	44.00	27.00	85.00	12.00	10.00	8.80

Keterangan :

- A = titonia tanpa jamur dan bakteri
- B = mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*
- C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)
- D = mikoriza + JPF
- E = mikoriza + BPF
- F = mikoriza + JPF + BPF

Lampiran 12. Lanjutan

Data aliran permukaan dan tanah tererosi April 2009 ulangan II

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	10.20	5.00	4.00	8.25	-	-	-	23.00	6.10	44.00	-	-	-
4	42.80	6.90	3.83	12.00	0.91	1.10	1.24	22.00	10.00	60.00	5.60	6.98	5.70
6	48.20	8.20	4.00	14.30	1.90	3.12	2.10	36.00	13.00	67.00	6.00	7.12	7.00
10	18.60	4.00	2.10	10.20	1.05	0.82	0.87	20.00	8.00	50.00	3.70	4.00	3.70
12	26.80	4.10	3.00	8.24	0.65	0.90	0.80	26.00	8.00	61.00	3.30	4.50	3.80
23	10.20	2.90	2.76	10.55	-	-	-	25.00	5.10	40.23	-	-	-

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Mei 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
2	37.56	4.50	3.00	11.00	2.50	1.22	0.87	27.00	8.50	60.30	6.00	6.70	6.00
4	40.57	6.23	3.00	12.00	1.50	1.05	0.95	34.00	11.00	68.00	6.20	7.00	5.50
11	33.40	6.00	2.00	13.60	0.55	0.85	0.75	32.00	5.20	57.00	4.55	5.00	4.30
14	46.80	10.70	3.25	14.50	1.23	2.50	0.75	21.00	12.00	70.00	3.20	5.10	4.35
16	17.60	5.00	1.97	10.00	0.65	0.95	0.70	18.45	9.58	52.78	3.00	4.00	3.00
17	49.47	10.55	3.01	15.00	1.86	2.45	1.55	39.80	10.00	70.00	7.10	6.10	6.78

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juni 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
3	39.30	6.00	3.40	16.50	0.87	1.23	1.30	23.00	11.00	60.00	6.00	7.10	6.40
8	43.25	6.50	4.00	14.00	2.55	1.90	1.10	27.00	10.00	69.00	6.10	6.50	6.00
14	31.45	6.50	2.70	12.70	0.85	1.25	0.85	26.00	8.30	60.00	5.00	6.00	4.70
16	124.50	14.00	8.30	18.00	6.50	6.80	6.80	60.20	36.00	91.20	15.00	15.30	14.77
24	10.20	4.12	2.10	10.20	-	-	-	19.00	5.60	49.20	-	-	-
26	18.60	4.10	3.00	11.00	0.81	0.96	1.23	22.00	7.50	54.00	4.20	3.30	2.00

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juli 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	87.68	9.00	5.20	12.00	5.00	4.00	4.00	41.20	22.00	74.00	7.00	8.70	9.40
4	61.50	8.00	4.30	11.50	3.40	3.00	2.00	40.50	17.40	72.00	7.20	7.50	7.00
9	51.12	5.70	3.00	9.00	2.60	2.80	3.00	38.30	14.00	64.50	4.05	4.60	5.20
11	58.60	5.85	3.20	12.00	2.50	2.00	5.48	41.00	17.20	84.50	5.20	5.50	6.37
18	110.60	13.00	7.10	26.10	6.70	6.60	6.00	44.00	27.00	85.00	10.00	10.00	8.50

Keterangan :

- A = titonia tanpa jamur dan bakteri
- B = mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*
- C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)
- D = mikoriza + JPF
- E = mikoriza + BPF
- F = mikoriza + JPF + BPF

Lampiran 12. Lanjutan

Data aliran permukaan dan tanah tererosi April 2009 ulangan III

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	10.20	4.00	3.00	8.25	-	-	-	23.00	5.00	44.00	-	-	-
4	42.80	6.00	3.83	12.00	0.91	1.10	1.24	22.00	10.00	60.00	5.20	7.00	5.00
6	48.20	7.00	3.45	14.30	1.50	2.12	0.96	36.00	12.00	67.00	6.00	7.12	7.00
10	18.60	4.50	2.10	10.20	1.05	0.82	0.87	20.00	8.00	50.00	3.70	4.00	3.70
12	26.80	4.10	3.00	8.24	0.65	0.90	0.80	26.00	8.00	61.00	3.30	4.00	3.80
23	10.20	3.00	2.76	10.55	-	-	-	18.00	5.10	40.23	-	-	-

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Mei 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
2	37.56	5.00	3.00	11.00	1.05	1.22	1.12	27.00	8.50	60.30	6.00	6.70	6.00
4	40.57	6.23	2.50	12.00	1.50	1.05	0.95	34.00	11.00	68.00	6.20	7.00	5.50
11	33.40	6.00	2.00	13.60	0.55	0.75	0.75	32.00	5.20	57.00	4.55	5.00	4.30
14	46.80	11.00	2.50	14.50	1.23	2.50	0.75	21.00	10.00	70.00	3.20	5.10	4.35
16	17.60	4.50	1.97	10.00	1.23	0.95	0.70	18.45	9.58	52.78	3.00	4.00	3.00
17	49.47	10.00	2.45	15.00	1.86	1.58	1.55	45.00	10.00	70.00	7.00	6.00	6.78

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juni 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
3	39.30	6.00	2.80	16.50	0.87	1.23	1.11	21.00	11.00	60.00	6.00	7.10	6.40
8	43.25	6.50	3.10	14.00	2.55	1.90	0.97	26.00	13.00	69.00	6.10	6.50	6.00
14	31.45	6.00	2.70	12.70	0.85	1.25	0.85	26.00	8.30	60.00	5.00	6.00	4.70
16	124.50	13.00	7.00	18.00	6.50	6.80	6.80	60.20	36.00	91.20	13.10	15.30	14.77
24	10.20	5.00	1.50	10.20	-	-	-	19.00	5.60	49.20	-	-	-
26	18.60	2.95	2.50	11.00	0.81	0.96	0.95	23.00	7.50	54.00	4.20	3.30	2.00

Data aliran permukaan dan tanah tererosi Juli 2009

Tgl	CH (mm)	Aliran Permukaan (L/7.2 m ²)						Tanah Tererosi (g/7.2 m ²)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1	87.68	9.00	5.65	12.00	5.00	5.00	4.00	41.20	22.00	72.50	7.00	8.70	9.40
4	61.50	8.55	3.95	11.50	3.40	3.00	2.00	40.50	17.40	72.00	7.20	7.50	7.00
9	51.12	6.00	3.00	9.00	2.60	2.80	3.00	38.30	14.00	64.00	4.05	4.60	5.20
11	58.60	6.12	3.00	12.00	2.50	2.00	5.48	41.00	17.20	84.50	5.20	5.50	6.37
18	110.60	13.0	7.00	26.10	6.70	6.60	6.00	44.00	27.00	85.00	10.00	10.00	8.50

Keterangan :

- A = titonia tanpa jamur dan bakteri
- B = mikoriza + *Azotobacter* + *Azospirillum*
- C = tanpa pagar lorong titonia (kontrol)
- D = mikoriza + JPF
- E = mikoriza + BPF
- F = mikoriza + JPF + BPF

Lampiran 13. Kriteria sifat fisika dan kimia tanah *)**Kriteria Sifat Fisika Tanah^{*})****Berat Volume**

Kelas	BV (gram/cm ³)
Rendah	< 0,66
Sedang	0,66 – 1,14
Tinggi	> 1,14

*) Sumber : Lembaga Penelitian Tanah Bogor (1979)

Kriteria sifat kimia tanah *)

Sifat Kimia Tanah	Nilai				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
N (%)	< 0,1	0,1 – 0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	> 0,75
C (%)	< 1	1 - 2	2,01-3	3,01 - 5	> 5,01
P-tersedia (ppm)	< 5	5 - 14	15 - 39	40 - 60	> 60
Mg-dd (me/100gr)	< 0,3	0,4 – 1,0	1,1 – 3,0	3,1 – 8,0	> 8,0
K-dd (me/100gr)	< 0,1	0,1 – 0,3	0,4 – 0,7	0,8 – 1,0	> 1,0
Kej Al (%)	< 10	10- 20	21-30	31-60	> 60
	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis

*) Sumber : Team 4 Architects & Consulting Engineers bekerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

Lampiran 14. Tabel Sidik Ragam

1. Pertumbuhan tinggi titonia pemangkasan 1

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	840.27	210.067	2.66 ^{tn}	3.84	7.01
Kelompok	2	148.93	74.467	0.94 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	631.73	78.967			
Total	14	1620.93				

KK = 11.97 %

Pertumbuhan tinggi titonia pemangkasan 2

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	1923.60	480.9	418.17 *	3.84	7.01
Kelompok	2	4.13	2.067	1.78 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	9.20	1.150			
Total	14	1936.93				

KK = 0.59 %

2. Bahan Kering Titonia 1

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	1.185	0.296	64.22 *	3.84	7.01
Kelompok	2	0.367	0.184	36.8 *	4.46	8.65
Sisa	8	0.037	0.005			
Total	14	1.589				

KK = 2.24 %

Bahan Kering Titonia 2

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	7.471	1.868	9.69*	3.84	7.01
Kelompok	2	1.217	0.609	3.16 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	1.542	0.193			
Total	14	10.23				

KK = 7.41 %

3. Hasil Hara N titonia 1

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	23866.9	5966.73	256.69*	3.84	7.01
Kelompok	2	100.4	50.19	2.16 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	186.0	23.24			
Total	14	24153.3				

KK = 4.86 %

Hasil Hara N titonia 2

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	54247.6	13561.9	297.01*	3.84	7.01
Kelompok	2	430.3	215.2	4.71 *	4.46	8.65
Sisa	8	365.3	45.7			
Total	14	55043.2				

KK = 5.02 %

4. Hasil Hara P Titonia 1

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	103.488	25.872	397.05*	3.84	7.01
Kelompok	2	0.189	0.094	1.45 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	0.521	0.065			
Total	14	104.198				

KK = 2.12 %

Hasil Hara P Titonia 2

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	739.46	184.865	5098.79*	3.84	7.01
Kelompok	2	0.189	0.095	2.64 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	0.290	0.036			
Total	14	739.94				

KK = 0.87 %

5. Hasil Hara K Titonia 1

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	12412.6	3103.16	1475.37*	3.84	7.01
Kelompok	2	4.9	2.43	1.16 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	16.8	2.10			
Total	14	12434.3				

KK = 1.30 %

Hasil Hara K Titonia 2

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	4	37353.8	9338.44	5101.98*	3.84	7.01
Kelompok	2	1.8	0.90	0.49 ^{tn}	4.46	8.65
Sisa	8	14.6	1.83			
Total	14	37370.2				

KK = 0.86 %

6. Aliran Permukaan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	301103	60220.6	333174*	3.33	5.64
Kelompok	2	0.103	0.1	0.5 ^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	1.807	0.2			
Total	17	301105				

KK = 0.28 %

7. Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	84.3402	16.868	893014*	3.33	5.64
Kelompok	2	1.111 ⁻⁵	5.556 ⁻⁶	0.29 ^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	1.889 ⁻⁴	1.889 ⁻⁵			
Total	17	84.3404				

KK = 0.32 %

8. Jumlah N-total Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	191.493	38.299	984823*	3.33	5.64
Kelompok	2	4.111 ⁻⁴	2.056 ⁻⁴	5.29 *	4.10	7.56
Sisa	10	3.889 ⁻⁴	3.889 ⁻⁵			
Total	17	191.494				

KK = 0.32 %

9. Jumlah P-tersedia Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	0.00817	0.00163	6393.61*	3.33	5.64
Kelompok	2	7.778 ⁻⁷	3.889 ⁻⁷	1.52 ^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	2.556 ⁻⁶	2.556 ⁻⁷			
Total	17	0.00817				

KK = 3.91 %

10. Jumlah K Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	2.678	0.53554	4381729*	3.33	5.64
Kelompok	2	1.111 ⁻⁷	5.556 ⁻⁸	0.45 ^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	1.222 ⁻⁶	1.222 ⁻⁷			
Total	17	2.6777				

KK = 0.15 %

11. Jumlah Ca Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	2.792^{-4}	5.584^{-5}	14359.7*	3.33	5.64
Kelompok	2	1.111^{-9}	5.556^{-10}	0.14^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	3.889^{-8}	3.889^{-9}			
Total	17	2.793^{-4}				

KK = 2.68 %

12. Jumlah Mg Tanah Tererosi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	2.270^{-4}	4.539^{-5}	20036.9*	3.33	5.64
Kelompok	2	6.211^{-9}	3.106^{-9}	1.37^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	2.266^{-8}	2.266^{-9}			
Total	17	2.270^{-4}				

KK = 2.24 %

13. Produksi Jagung

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	17.63	3.53	41.05 *	3.33	5.64
Kelompok	2	0.21	0.105	1.22^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	0.86	0.086			
Total	17	18.71				

KK = 5.76 %

14. Produksi Jerami Jagung

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	5	7.752	1.55	7.66 **	3.33	5.64
Kelompok	2	0.587	0.294	1.45 ^{tn}	4.10	7.56
Sisa	10	2.025	0.2025			
Total	17	10.364				

KK = 8.76 %

